

*к.т.н., доц. Мосягин Н.А.,
к.т.н., доц. Чекалов А.Н.,
ст. преподаватель Стародубов С.Ю.
студент Корецкий Ю.В.,
студент Таровик А.Б.
(ДонГТУ, г. Алчевск, Украина)*

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ПРОФИЛЬНЫХ ВАЛОВ

Надана стисла характеристика засобів виготовлення профільних валів, пропозиції щодо підвищення продуктивності та точність їх виготовлення з використанням універсального обладнання.

Проблема и её связь с научными и практическими задачами. Профильные соединения получают всё более широкое применение в различных машинах и механизмах. К достоинствам профильных соединений относятся их значительные эксплуатационные и технологические преимущества по сравнению с наиболее распространёнными шлицевыми и шпоночными соединениями. В то же время специальное оборудование для изготовления профильных поверхностей отечественной промышленностью не выпускаются, а зарубежное является дорогим и сложным. В связи с этим проблема использования имеющихся станков для этих целей является актуальной.

Анализ исследований и публикаций. Анализ отечественных и зарубежных исследований показывают, что большое внимание уделяется вопросам совершенствования конструкций станков для обработки профильных соединений и технологии их обработки [1,2,3,4].

Постановка задачи. Целью работы является исследование возможности применения, способов наладки и настройки станков общего назначения и анализ путей повышения обработки на них профильных валов.

Изложение материала и полученных результатов. При изготовлении РК-профильных валов существенное упрощение кинематики и конструкции станков достигается при использовании метода однокоординатного формообразующего движения [1, 2]. В этом случае для получения равноосного профиля могут быть использованы универсальные станки. Номенклатура необходимого металлорежущего оборудования сокращается. В равноосном соединении осуществляется точное автоматическое центрирование, но при этом имеется возможность заклинива-

ния в сопрягаемой паре. Поэтому для передачи момента при одновременном осевом перемещении, например, зубчатого колеса или блока, рекомендуется применять профильные соединения типа РК с числом граней больше трех (РК-5; РК-7) или срезанный равноосный профиль типа РКс. Контур типа РК образован непрерывным профилем. Срезанный же профиль типа РКс относится к прерывистым.

При изготовлении РК-профилей применяются две схемы обработки: двух- и однокоординатная. При двухкоординатной схеме РК-профиль получается при равномерном вращении заготовки в случае задания режущему инструменту или заготовке относительного движения по траектории эллипса, у которого малая ось равна $2e$, а большая – $2Ne$, где e – эксцентриситет РК-профиля; N – число граней профиля.

Уравнение эллипса:

$$e = \frac{R-r}{2\cos(\alpha/2)}. \quad (1)$$

Для бескопирного получения равноосного контура за рубежом применяются станки с двухкоординатным принудительным перемещением. Сложность кинематики этих станков, в которых реализуется синусоидальное (косинусоидальное) согласованное возвратно-поступательное перемещение рабочих органов, не позволяет обеспечить высокие динамические характеристики станков, а, следовательно, высокую производительность и точность получения РК-профиля.

При двухкоординатной схеме движения режущего инструмента или заготовки относительно траектории окружности должно описываться следующими уравнениями:

$$\begin{cases} x = e \cos(N\varphi) \\ y = e \sin(N\varphi) \end{cases}, \quad (2)$$

где e – эксцентриситет РК-профиля;

N – число граней профиля.

Относительно оси РК-профиля (система координат XY) эти уравнения будут иметь вид:

$$\begin{cases} x = R + e \cos(N\varphi) \\ y = -N \cdot e \sin(N\varphi) \end{cases}. \quad (3)$$

При однокоординатной схеме (рисунок 1) достаточно одного гармонического движения – в радиальном направлении. Вторая составляющая реализуется инструментом, образующая режущих кромок которого является касательной к поверхности равноосного профиля.

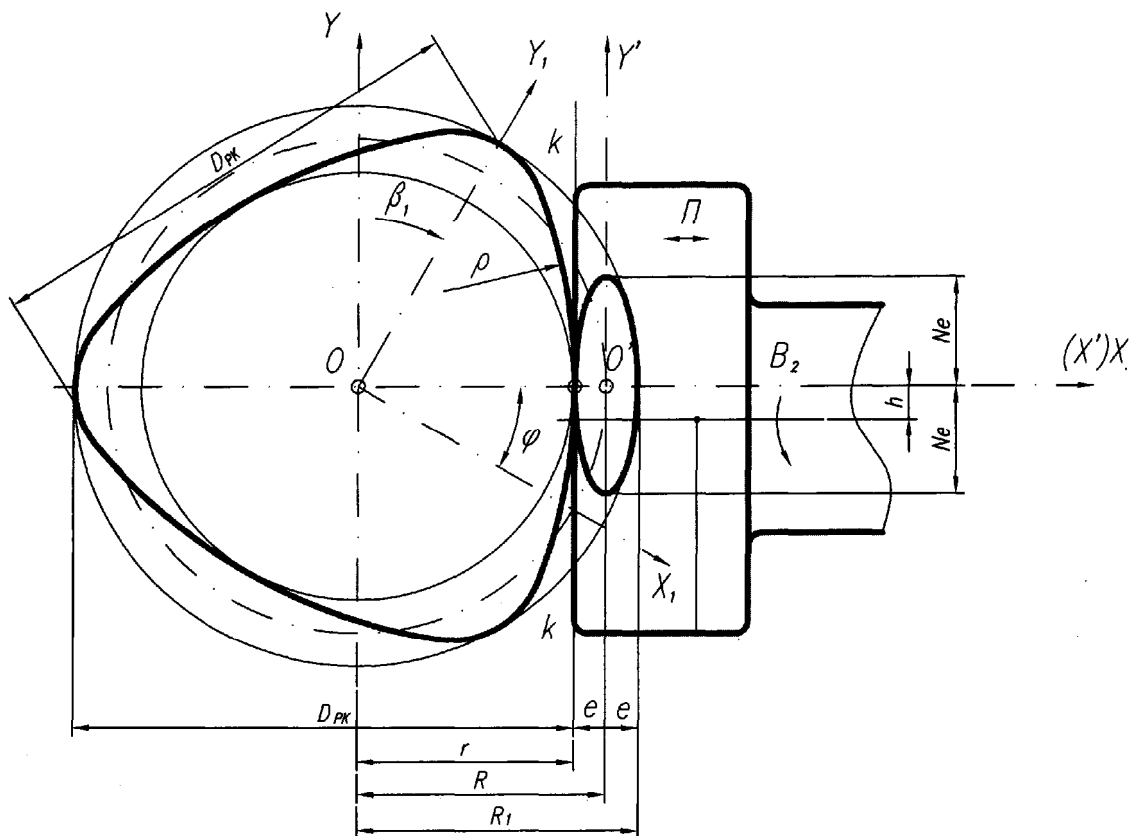


Рисунок 1 – Схема однокоординатной обработки РК-профиля

Требуемое радиальное гармоническое движение наиболее просто реализуется на токарно-затыловочных станках, в конструкции которых предусмотрен механизм, обеспечивающий циклическое радиальное движение инструмента при помощи кулачка. Для получения РК-профиля с соответствующим эксцентриситетом «*e*» достаточно установить цилиндрический кулачок с соответствующим эксцентриситетом и настроить кинематическую цепь деления на число возвратно-поступательных ходов поперечного суппорта, равное числу граней вала. Например, для станка мод. 1Б811 для числа граней вала $Z=3$ передаточное число гитары будет равно:

$$\frac{A}{C} \cdot \frac{B}{D} = \frac{72}{80} \cdot \frac{54}{60}$$

Здесь настройка величины эксцентриситета может осуществляться не только сменой кулачка, но и специальным рычажным механизмом, имеющимся на станке. На станке возможно не только предварительное точение синусоидального профиля с последующим получением РК-профиля при помощи безвершинного резца, но и производить обработку профиля фрезерованием и шлифованием с помощью предусмотренного к станку шлифовального приспособления с небольшой его доработкой. Применение токарного станка требует большей доработки [2,3].

Производительность и затраты на изготовление профильных соединений во многом определяются применяемым оборудованием и технологией их обработки. Основным недостатком станков токарной группы, реализующих однокоординатное возвратно-поступательное перемещение режущего инструмента, является наличие значительных динамических нагрузок, что приводит к снижению точности и производительности обработки.

Замена возвратно-поступательного движения непрерывным вращательным позволяет снизить динамические нагрузки, способствует повышению производительности. Показанная на рисунке 2 схема обработки, кроме того, позволяет повысить точность обработки за счет применения двух конических фрез, установленных на одной оси вращения. Образующие фрез располагаются по касательным к обрабатываемой поверхности, а зубья одной фрезы смещены относительно зубьев другой на угол, равный половине угла между зубьями фрез. Величина эксцентриситета « e » для фрез равна:

$$e = \frac{R - r}{2 \cos \frac{\varphi}{2}}, \quad (4)$$

где R , r – наибольший и наименьший радиусы профиля;

φ – угол при вершине рабочей конической поверхности.

Учитывая относительно невысокую производительность процесса обработки РК-профилей может оказаться целесообразной одновременная обработка двух валов. На рисунке 3 показана схема одновременной обработки дисковым коническим инструментом (фрезой, шлифовальным кругом) или набором этих инструментов двух одинаковых валов с РК-профилем.

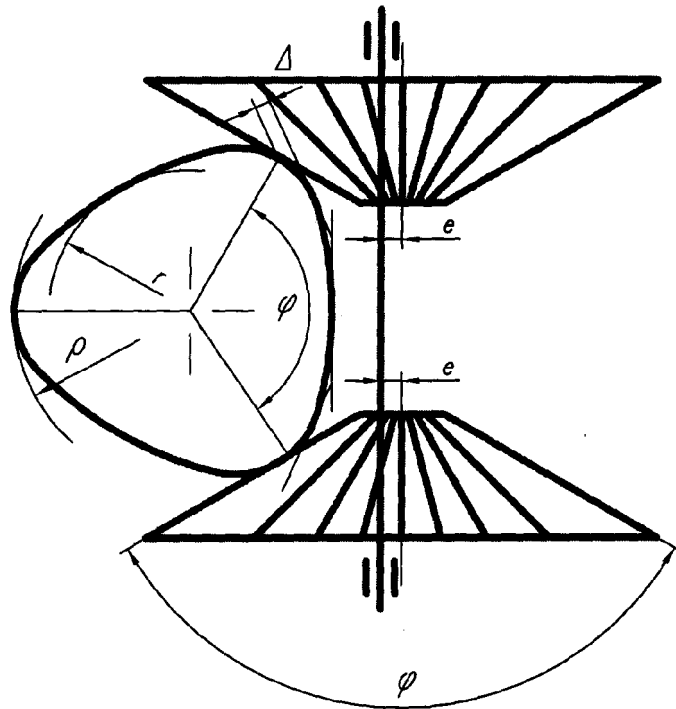


Рисунок 2 – Схема обработки некруглых поверхностей

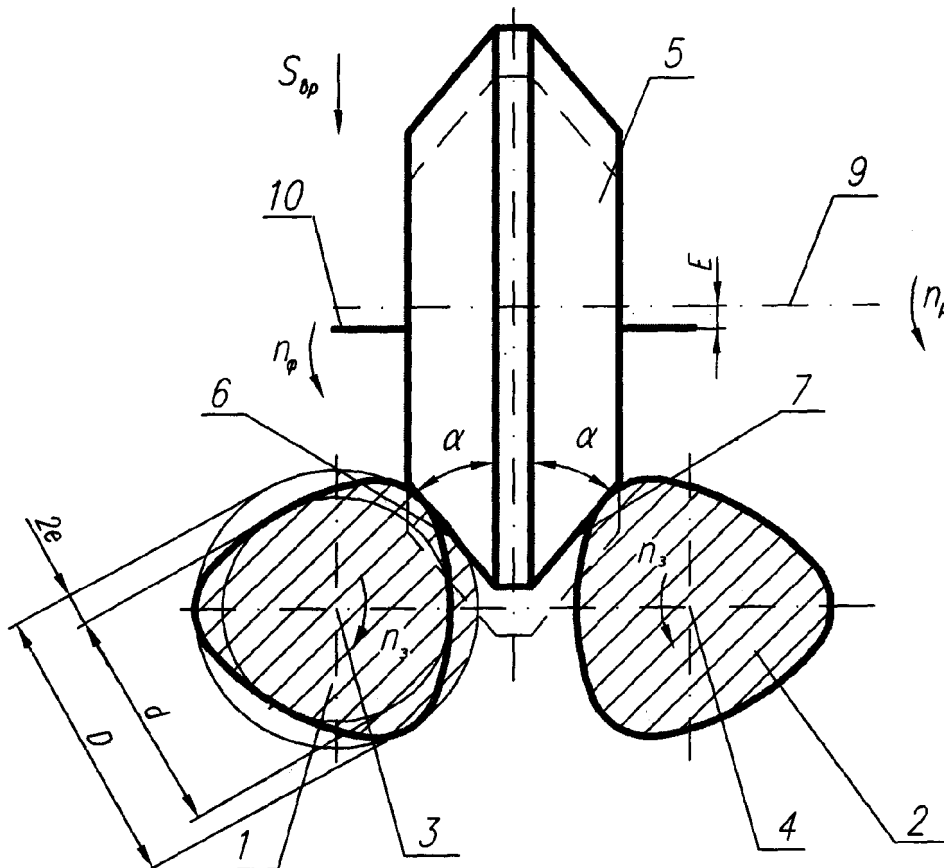


Рисунок 3 – Схема обработки двух некруглых валов

Обрабатываемые заготовки 1 и 2 установлены с возможностью вращения вокруг параллельных осей 3 и 4. Вращение может быть как в одном, так и в противоположных направлениях. Инструмент (набор инструментов) 5 имеет трапецеидальный производящий контур, образующие которого являются касательными к окружностям валов. Угол наклона образующих 6 и 7 к линии, перпендикулярной оси инструмента, обозначен α . Инструмент имеет возможность относительного перемещения вдоль осей заготовок.

Получение равноосного контура осуществляется при согласованном вращении заготовок вокруг осей 3 и 4 с частотой n_3 , и вращении оси 10 инструмента вокруг оси 9 с частотой n_p . Необходимо обеспечить соотношение:

$$\frac{n_p}{n_3} = N, \quad (5)$$

где N – число граней РК-профиля.

Вращение инструмента для обеспечения резания осуществляется вокруг оси 10 от отдельного привода. Его частота выбирается в зависимости от необходимой скорости резания.

Величина устанавливаемого эксцентриситета E оси 10 относительно оси 9 в зависимости от эксцентриситета e равноосного контура будет равна:

$$E = \frac{e}{\sin \alpha}, \quad (6)$$

тогда закон движения оси 10 будет:

$$\frac{e \sin(\omega t)}{\sin \alpha}. \quad (7)$$

Достоинствами предлагаемой схемы является:

- повышение производительности за счёт одновременной обработки двух валов;
- возможность обработки одним инструментом валов разных диаметров и с различными эксцентриситетами e РК-профилей, а также конических РК-профильных поверхностей;
- возможность обрабатывать при одной установке РК-профили с разными эксцентриситетами или распределять припуск на обработку за счёт изменения угла α расположения одной из образующих режущих кромок инструмента. С поверхности вала, обрабатываемого образу-

щей с меньшим углом α , будет снимается основной припуск. Таким образом, валы последовательно из позиции черновой обработки устанавливаются в следующую позицию, а на первую ставится цилиндрическая заготовка, и процесс повторяется;

- использование для осуществления гармонического движения вращательного движения, взамен возвратно-поступательного, позволяет снизить массу подвижных частей, обеспечить синусоидальный закон движения за счет равномерного вращательного, существенно улучшить динамическое качество механизма и, вследствие этого, позволит повысить производительность и точность обработки.

На рисунке 4 показана схема устройства с эталонным обкатным диском для обработки профильного вала. На одной оси закреплены: эталонный диск 1 и заготовка 2, которые могут перемещаются поступательно вместе с кареткой 3. Диск 1 связан лентами 4 и 5 с кареткой 6. Каретки 3 и 6 движутся при помощи кривошипного механизма 7 (либо рычажного механизма). Обработка ведется двумя шлифовальными кругами 8 и 9, расстояние между рабочими торцами которых в конечном положении равно диаметру РК-профиля (D). В схеме используется минимум элементов, что позволяет упростить конструкцию механизма формообразования и повысить точность обработки при обеспечении ее универсальности.

Обработка осуществляется при возвратно-поступательном движении каретки 3 с установленным на ней шпинделем, на котором закреплены диск 1 и шлифуемая заготовка 2. Удвоенные величины эксцентриситетов e и H кривошипного вала 7 обеспечивают ход соответственно кареток 3 и 6. Величина хода h каретки 3 равна удвоенному значению эксцентриситета РК-профиля ($h = 2e$) и настраивается смещением пальца 10. Ход H дополнительной каретки устанавливается смещением пальца 11 и определяется из условия поворота заготовки на угол:

$$\alpha = \frac{360^\circ}{2N}, \quad (8)$$

где $N = 3; 5; 7$ – число граней РК.

$$\alpha \quad \alpha_1 + \alpha_2 = \frac{360^\circ \cdot 2e}{\pi(D+\delta)} + \frac{(2e+H)360^\circ}{\pi(D+\delta)} = \frac{360^\circ}{2N}, \quad (9)$$

где α_1 и α_2 – углы поворота диска при соответствующих ходах h и H ,
 D – диаметр диска;
 δ – толщина лент.

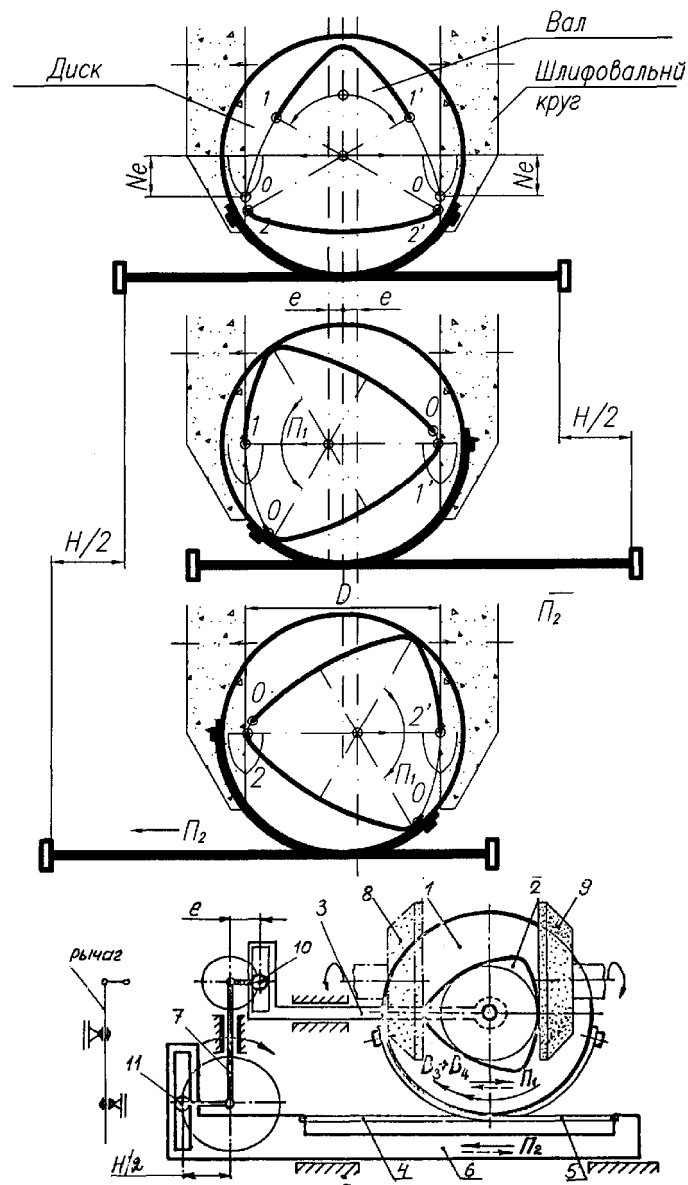


Рисунок 4 – Схема устройства с эталонным обкатным диском.

Требуемая величина хода H каретки 3 будет равна:

$$H = \frac{\pi(D_{\text{д}} + \delta)}{2N} - e, \quad (11)$$

Изменением ходов h и H возможна настройка на обработку РК-профильных валов с различными диаметрами (D) и эксцентриситетами (e) при постоянном диаметре (D_0) диска 1. Настройка может быть произведена при помощи регулируемых кривошипов или регулируемого

рычажного механизма. Обработка производится с периодическим делением – поворотом заготовки на $1/N$ оборота.

Достоинствами схемы являются универсальность и несложная наладка; высокая точность, достигаемая благодаря коротким кинематическим цепям и возможности изготовления точного диска; возможность непосредственно использовать имеющиеся зубошлифовальные станки с обкатным диском и регулируемым механизмом обката. Применение указанных станков позволяет получать профили валов с очень высокой точностью и повторяемостью размеров, а также с высоким качеством поверхности. Возможна обработка, как валов, так и протяжек и профильных рабочих поверхностей других инструментов.

Получаемый в результате сложения двух гармонических движений: качания заготовки и ее возвратно-поступательного движения с кареткой, профиль будет незначительно отличаться от равноосного, несколько приближаясь к выпуклому перициклоидному. При этом у вершин будет как бы плавный срез, т.е. профиль будет непрерывным, по характеристикам приближаться к равноосному срезанному профилю РКс, но без его недостатков. Это позволит шире использовать выпуклый профиль для подвижных соединений, повысить их эксплуатационные характеристики, свойство самоцентрирования при этом сохраняется.

Отверстия для сопряжения также могут быть окончательно обработаны протяжками, полученными предлагаемым методом, что обеспечит точное соединение с любым характером сопряжения.

Выводы и направления дальнейших исследований. В результате анализа основных достоинств и недостатков существующих схем обработки профильных валов выявлены сложности, связанные с изготовлением профильных соединений. Предложен способ обработки одновременно двух валов с равноосным контуром.

Показана возможность обработки профильных валов на станке с эталонным обкатным диском, что позволит обеспечить высокую точность обработки и качество поверхности, легкую переналадку на обработку валов различных диаметров.

Показатели точности и значения геометрических параметров профиля, его отклонения от РК, динамика процесса обработки и зона устойчивости при обработке с использованием упругих обкатных лент требует дополнительного изучения и исследования.

Приведена краткая характеристика средств изготовления профильных валов, предложения по повышению производительности и точности их изготовления с применением универсального оборудования.

It Is brought short feature of the facilities of the fabrication RK-profile shafts, here also offers increasing of labor productivity and accuracy of of their fabrication with the universal equipment.

Библиографический список.

1. Соломенцев Ю.М., Тимченко А.И. Профильные бесшпоночные соединения, их конструктивные виды, технология изготовления и перспективы внедрения в СССР, М.: Мосстанкин, 1986. - 37 с.;

2. Тимченко А.И. Исследование точности процессов формообразования валов равноосным контуром / А.И. Тимченко //Вестник машиностроения, 1986, №5, С.41-42;

3. Данилов В.А. Токарная обработка некруглых валов/Данилов В.А.// Машиностроитель, 1991, №3, С. 13-14.

4. А.с. 891255 СССР, МКИ³ В 23 С 3/08. Устройство для обработки валов с профилем “равноосный контур”/А.Н. Чекалов, А.И. Тимченко (СССР)-№2855810/25-08; опубл. 23.12.81. Бюл. №47. – 4с.: ил.