



Министерство образования
Республики Беларусь

**БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ**



Машиностроительный факультет

НИРС МСФ-2021

Сборник материалов

77-й студенческой научно-технической
конференции

Секция «Металлорежущие станки и инструменты»

Электронное издание

Минск 2021

УДК 621.91.
ББК 34.4.я43
Н68

Редколлегия:

О.К. Яцкевич, А.В. Ажар, Т.В. Василенко, А.А. Данилов,
В.А. Данилов, С.С. Довнар, Л.А. Колесников, Е.А. Маркова,
А.Д. Пенкина, А.М. Якимович

Составитель:

Л.А. Колесников

В сборник включены материалы докладов 77-й студенческой научно-технической конференции (секция «Металлорежущие станки и инструменты»).

Белорусский национальный технический университет
Машиностроительный факультет
Кафедра «Технологическое оборудование»
Пр-т Независимости, 65, уч. корп. 6,
г. Минск, Республика Беларусь
E-mail: mstools@bntu.by
<http://www.bntu.by/mstools.html>

БНТУ, 2021

Содержание

Использование методов компьютерного 3D моделирования для оптимизации операции затылования сложно-профильной фрезы Студент гр.10305216 Минасян Г.О.	4
Бионическое МКЭ-исследование напряженно-деформированного состояния ствола штыковой юбки Студенты гр.10305119 Бабылев А.С., Дубойский А.А.	9
Анализ схем обработки профильных цилиндрических поверхностей ротационным инструментом Студент гр.10305217 Бурак В.А.	13
Гидромеханические патроны, применяемые в инструментальном обеспечении станков Студент гр.10305218 Ломонос П.И.	18
Пятиосевые многоцелевые станки для обработки корпусных деталей Студент гр.10305118 Козловский С.Е.	21
Высокоскоростное шлифование и абразивный инструмент Студент гр.10305218 Осадчий Е.Н.	24
Оправки с механической системой крепления инструмента Студент гр.10305218 Осадчий Е.Н.	27
Исследование схемы полигонального профилирования некруглых поверхностей резанием Студент гр.10305218 Самосюк С.В.	32
Цанги и цанговые патроны в конструкциях вспомогательных инструментов для станков с ЧПУ Студент гр.10305218 Самосюк С.В.	34
Развитие конструкций вспомогательного инструмента с патронами для силового фрезерования Студент гр.10305218 Шахович А.Д.	36
Разработка и реализация технологии формообразования круговых винтовых поверхностей резанием Студент гр.10305218 Шпакевич Д.А.	42

УДК 621.923.6

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДОВ КОМПЬЮТЕРНОГО 3D МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ ОПЕРАЦИИ ЗАТЫЛОВАНИЯ СЛОЖНОПРОФИЛЬНОЙ ФРЕЗЫ

Студент гр.10305216 Минасян Г.О.

Научный руководитель – ст. преподаватель Ажар А.В.

Белорусский национальный технический университет

Минск, Беларусь

Затылование шлифованием зубьев фасонных фрез является наиболее трудоёмкой, сложной и ответственной операцией на которой достигается требуемая точность и качество изготовления инструмента. Анализ существующих технических решений и методов изготовления сложнопрофильных насадных затылованных фрез (дисковых фасонных, червячных, резьбовых, цилиндрических многоконичных) показал [1], что в целях оптимизации конструкции и технологии производства рассматриваемого инструмента необходимо использовать возможности компьютерного 3D-моделирования для выбора оптимальных параметров шлифовального круга, применяемого для затылования задней поверхности зуба фрезы. Моделирование операции заточки инструмента методом затылования позволяет выбрать оптимальный диаметр, форму, профиль и положение шлифовального круга, что в свою очередь дает возможность эффективно решать задачи экономии материальных ресурсов на изготовление фрез и увеличения срока службы изготавливаемого инструмента. Возникает возможность еще на этапе проектирования проводить анализ конструкции фрезы с точки зрения увеличения числа зубьев, изменения размеров стружечной канавки и самого зуба с точки зрения не только возможности размещения стружки и допустимой прочности зуба, но и возможности его изготовления на существующем заточном оборудовании (токарно-затыловочных, резьбофрезерных станках).

В производстве получили применение три метода шлифования профиля сложнопрофильных фрез: 1-й – чашечным коническим кругом (рисунок 1, а), 2-й – пальцевым кругом (рисунок 1, б) и 3-й – фасонным дисковым кругом (рисунок 1, в). В двух последних случаях шлифовальные круги заправляют соответственно профилю шлифуемых фрез.

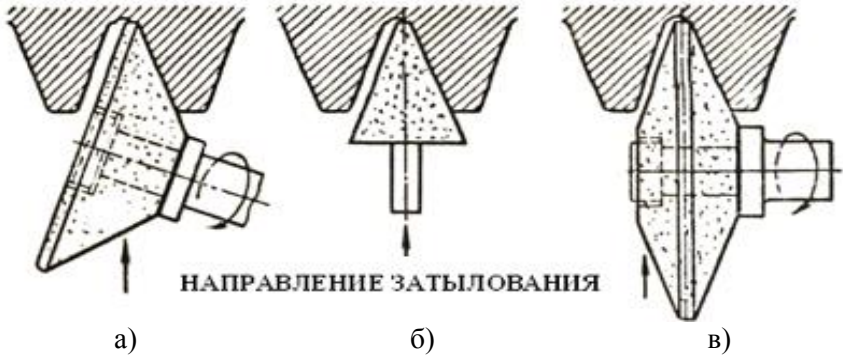


Рисунок 1 – Схемы затылования шлифованием зубьев, на примере червячной модульной фрезы

Наибольшие проблемы при выборе метода затылования связаны с точностью получаемого профиля и производительностью операции. Это актуально для фрез с винтовыми зубьями такими, как червячные, особенно в случае когда угол подъёма $\omega > 5^\circ$

При шлифовании зубьев червячной фрезы дисковым шлифовальным кругом, заправленным по прямой, профиль зуба фрезы в осевом сечении получается криволинейной формы. Профиль зуба срезается у головки и основания зуба и имеет форму выпуклой кривой. Наибольшие значения искажения профиля зуба фрезы наблюдается на основном цилиндре. Искажение профиля зуба по его длине неодинаковое: чем дальше по длине зуба от его передней грани, тем больше искажение профиля. В наиболее удалённых участках образуется седловина по длине зуба с утолщением ножки. С увеличением диаметра шлифовального круга размеры «седловины» по длине зуба увеличиваются.

Высокое качество получается при затыловании шлифованием червячных фрез пальцевым кругом. Профиль практически не искажается, однако широко применения этот метод не нашёл из-за больших трудностей получения на малых диаметрах пальцевых шлифовальных кругов требуемых скоростей резания (порядка 25 – 30 м/с). Рекомендуется этот метод для крупномодульных червячных фрез с $m \geq 6$ мм.

Метод затылования червячных фрез чашечным коническим кругом является промежуточным по точности между вторым (рису-

нок 1, б) и третьим (рисунок 1, в) случаями. Контакт поверхностей шлифовального круга и зуба приближается к прямой линии, поэтому искажение профиля зубьев получается намного меньше, чем при затыловании дисковым шлифовальным кругом. Чашечными кругами с углом профиля $35 - 37^\circ$, диаметром не более $70 - 80$ мм затыловывают червячные фрезы $m = 2,5 - 8$ мм.

Для получения требуемой точности червячные фрезы классов ААА и АА $m \leq 4$ мм рекомендуется шлифовать дисковым кругом, $m = 4,5 - 6$ мм – чашечным и $m = 6 - 10$ мм – пальцевым.

При отсутствии винтообразности зуба и наличии не глубокого профиля безальтернативным остается метод затылования фасонным цилиндрическим (дисковым) кругом (рисунок 1, в). Наряду с высокой точностью обработки спрофилированные многониточные шлифовальные круги обладают наибольшей производительностью, не требуют переналадки при затыловании, обеспечивают хорошие показатели стойкости и общего ресурса после правки.

Для выполнения операции затылования стремятся выбрать круг наибольшего диаметра. Он требует меньше правок в ходе работы, что повышает точность профиля затылуемого инструмента, увеличивает общий ресурс круга. Для обеспечения заданной скорости резания порядка $25 - 30$ м/с нет необходимости в увеличении частоты вращения шпинделя станка, которая при малом диаметре круга может быть не реализована по техническим причинам.

Однако при использовании больших кругов часто не удается получить затылок, прошлифованный по всей длине зуба инструмента, т.к. в конце рабочего хода круг может задеть соседний зуб. Недобег круга часто приводит к образованию «седла» на зубе. В результате получаем меньшее число переточек изготовленной фрезы и сокращенный срок службы.

Известные методы расчета не всегда обеспечивают выбор диаметра шлифовального круга с учетом изменяющихся параметров глубины фасонного профиля затылуемой фрезы.

Так по принятым рекомендациям минимальный диаметр шлифовального круга для затылования задних поверхностей фасонных фрез определяется по формуле:

$$D_{кр.min.} = \frac{D_{фр}}{2} * \sin \frac{180}{z} * \frac{1}{\sin \alpha_\alpha}, \quad (1)$$

где $D_{фр}$ - диаметр затачиваемой фрезы, мм; z - число зубьев фрезы; α_α - задний угол затылуемой задней поверхности.

Расчет диаметра круга по формуле (1) дает приблизительный результат, проверку которого осуществляют опытным путем, как и выбор круга возможно большего диаметра, обеспечивающего допустимую длину затылования.

Разработанная методика моделирования условий затылования фасонных фрез с использованием современных САПР [2], основана на построении окружностей, образующих наружных контур профиля шлифовального круга, касательных образующей затылка зуба в выбранном радиальном сечении и проходящих через соответствующую точку профиля на передней поверхности соседнего зуба (рисунок 2).

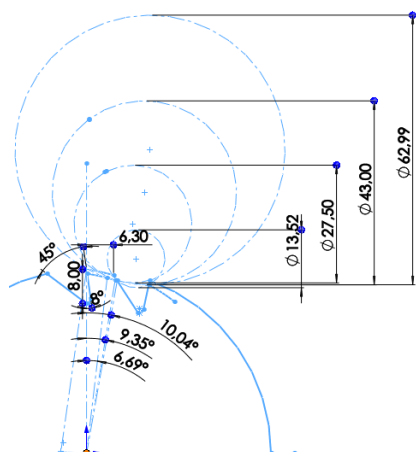


Рисунок 2 – Выбор диаметра круга

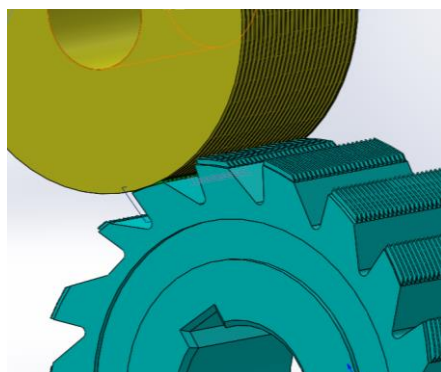


Рисунок 3 – Модель затылования фрезы; $z=18$; $\theta=45^\circ$, круг $\varnothing 63$

Предложенный метода моделирования апробирован на фасонных насадных фрезях для обработки пазов в пластине из электротехнической стали приклеенной к гранитной основе статора линейного двигателя ОАО «Планар» (рисунок 4).

Смоделированы и проанализированы операции затылования 3-х фрез $\varnothing 86$ с числом зубьев $z=12$ и углом впадины стружечной канавки $\theta=70^\circ$; $z=18$, $\theta=55^\circ$ и $z=18$, $\theta=45^\circ$ (рисунок 2, 3).

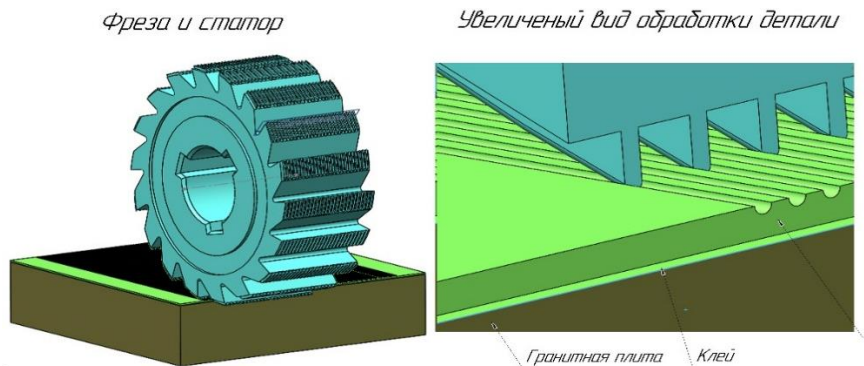


Рисунок 4 – Схема обработки статора фасонной фрезой

Пластина

Анализ конструктивных параметров, условий заточки и режимов резания при работе фрез показал, что фреза с $z=18$ и $\theta=45^\circ$ обеспечивает уменьшение машинного времени обработки на 33%. Одновременно растёт общий ресурс инструмента за счет увеличения числа переточек с 3-х до 4-х по сравнению с применяемой фрезой с $z=12$. Потери ресурса шлифовального круга из-за уменьшения оптимального диаметра с $\varnothing 80$ до $\varnothing 63$ незначительны. Анализ результатов моделирования показывает, что на выбор диаметра круга влияет, кроме количества зубьев и заднего угла заточки фрезы, высота профиля и угол впадины стружечной канавки. Таким образом, замена опытных испытаний виртуальными по предложенному методу при решении проблем конструирования и изготовления фасонных фрез позволит снизить их стоимость и общие затраты на подготовку производства.

Литература

1. Семенченко И.И., Матюшна В.М., Сахаров Г.Н. Проектирование металлорежущих инструментов. - М.: МАШГИЗ, 1963 - 952 с.
2. Ажар А.В., Минасян Г.О., Кошевой А.Н. Оптимизация операции заточки затылованных дисковых фасонных фрез методами компьютерного 3D моделирования. Научное издание «НОВЫЕ ГОРИЗОНТЫ-2020». Сборник материалов VII Белорусско-Китайского молодежного инновационного форума 17–18 ноября 2020 года. Том 1, г. Минск, БНТУ, 2020. – 252 с.

**БИОНИЧЕСКОЕ МКЭ-ИССЛЕДОВАНИЕ
НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ
СТВОЛА ШТЫКОВОЙ ЮККИ**

Студенты гр.10305119 Бабылев А.С., Дубойский А.А.
Научные руководители – Довнар С.С., Пенкина А.Д.
Белорусский национальный технический университет
Минск, Беларусь

С бионической точки зрения рассматривается конкретный экземпляр растения *Yucca aloifolia* (штыковая юкка, *aloe yucca*, *dagger plant*, *Spanish bayonet*), растущего на машиностроительном факультете БНТУ (рисунок 1, а). 3D-модель растения (рисунок 1, б) построена по результатам обмера стандартными измерительными средствами. На рисунке 1, б ствол юкки обозначен как *T*, сильно упрощенные листья как *L*. Листья связаны с верхушкой ствола 3 через конический диск-посредник *C*. Объекты *C* и *L* вместе образуют стилизованную крону.

В данной работе растение, в первую очередь ствол, рассматривается с позиции механики упругого твердого тела. Ствол представляет собой консоль (одноопорную балку, зафиксированную в данном случае через грунт и корневую систему – маркер 1). По своей форме ствол оказался похож на концептуальный объект механики – равнопрочную балку. Данная балка характеризуется постоянством напряжений по своей длине при изгибе.

Цель настоящей работы – выяснить близость ствола юкки к равнопрочной балки и попытаться увеличить эту близость путем оптимизации формы ствола в бионическом ключе. С этой целью рассматривается два варианта нагружения МКЭ-модели ствола юкки – силой тяжести и ветровой нагрузкой. Виртуальные испытания для обоих вариантов производятся по-отдельности. Задачи решаются статически.

При нагружении собственным весом учитывается, что в модели листья кроны представлены редуцированно и не имеют достаточной массы. Поэтому на поверхности переходного конуса *C* размещена дополнительная расчетная масса в 0,5 кг. Плотность материала стола принята равной $\rho=987 \text{ Кг/м}^3$, модуль упругости $E=1,23 \times 10^5 \text{ МПа}$, коэффициент Пуассона $\mu=0,12$. Полная масса модели равна 0,967

кг. К модели приложена сила тяжести, $g=9,81 \text{ м/с}^2$. Сила реакции возникает на уровне жесткого закрепления в грунте.

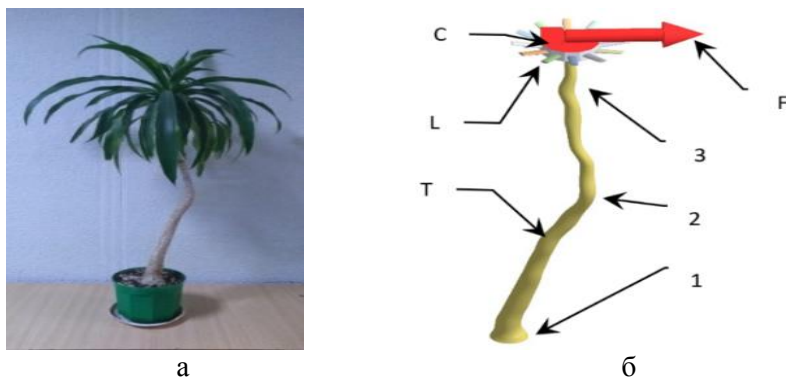


Рисунок 1 – Изучаемое растение (а) и его стилизованная геометрическая модель (б) с приложенной горизонтальной силой F

Ветровая нагрузка была принята как сосредоточенная сила $F = 100\text{Н}$. Сила приложена к переходному конусу кроны (фактически – к верхушке ствола) в горизонтальном направлении (рисунок 1, б). Это допущение приемлемо, поскольку напор ветра создается, в основном, на листьях кроны. В любом случае, сила ветра является просто тестовой силой, призванной выявить характер напряженно-деформированного состояния.

На рисунок 2, а отражены деформационные перемещения растения под действием собственного веса. Видно, что происходит эксцентричное сжатие стержня (ствола). Поскольку стержень непрямолинейный, то эксцентричное сжатие ведет к изгибной деформации. Деформированное состояние ствола при изгибе оказывается неравномерным. С одной стороны ствола наблюдается растяжение, а с другой сжатие.

На картине эквивалентных напряжений σ_e (рисунок 2, б) величины всегда положительны, как на растянутом волокне, так и на сжатом. Существенной чертой является неравномерность напряжений вдоль ствола. В средней трети ствола происходит почти трехкратная концентрация напряжений до уровней $\geq 0,3 \text{ МПа}$.

Ветровая нагрузка ствола дает принципиально такую же картину НДС, как и действие силы тяжести, но на порядок сильнее. Эквивалентные напряжения вдоль ствола (рисунок 2, в) находятся в диапазоне 8–16 МПа, повышаясь до 30 МПа в районе локальных концентраторов напряжений.

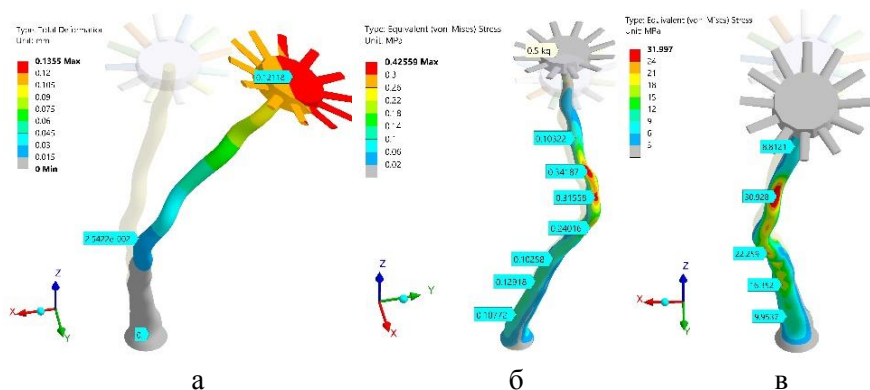


Рисунок 2 – Суммарные перемещения ствола (а) (мм; $\times 1600$) и распределение эквивалентных напряжений σ_e (б) (МПа; $\times 640$) под действием собственного веса; распределение эквивалентного напряжения σ_e (в) (МПа; $\times 5$) под действием силы ветра (100 Н).

Наличие на рисунок 2 продольных полос растяжения и сжатия указывает, что ствол стремится к концепции равнопрочной балки. Однако, в своей средней, сильноизогнутой части ствол перегружен и довольно далек от равнопрочности. Первоочередной причиной этого являются локальные концентраторы напряжений. Можно говорить, что данный экземпляр ствола юкки является *возмущенной* бионической формой.

Рационально попытаться ослабить влияние концентраторов напряжений локальным усилением ствола юкки. Соответствующий поисковый, эвристический подход к оптимизации бионической формы заключается в добавлении небольших порций материала к бионической форме и оценке результатов посредством МКЭ-расчета. В случае ослаблении напряжений делается следующая добавка на следующем шаге. В противном случае шаг отменяется.

На рисунок 3 представлены результаты изменения напряженного состояния в процессе модификации бионической геометрии изгибаемых ветром стволов. Ствол Т0 является исходным экземпляром. Ствол Т1 получен в ходе первой положительной локальной модификации *ПЛОМ-1*. По результатам его предварительных испытаний была осуществлена вторая положительная модификация *ПЛОМ-2*. Это привело к генерации ствола Т2.

Распределения эквивалентных напряжений для Т0, Т1, Т2 принципиально одинаковы. Однако влияние концентраторов напряжений снижается по мере локальной модификации геометрии ствола.

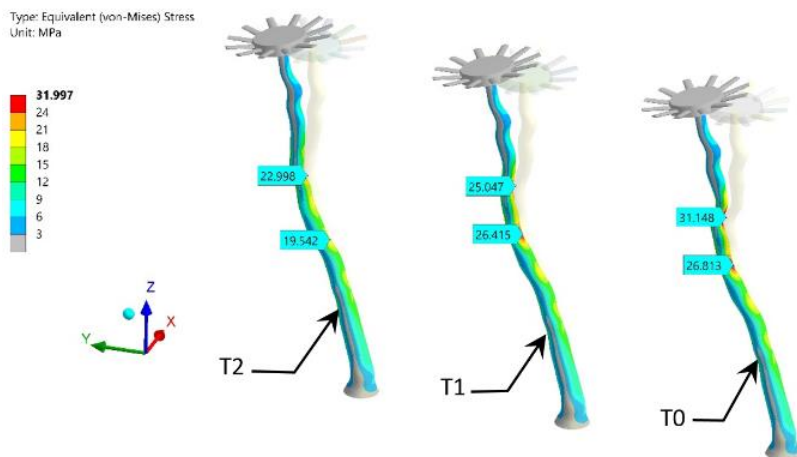


Рисунок 3 – Картины эквивалентных напряжений для модифицируемых стволов Т0, Т1, Т2 под действием силы ветра (МПа; $\times 5$)

Компьютерное испытание трех вариантов ствола юкки показало, что данная идея эффективна. Ствол растения становится более жестким. Локальные напряжения в концентраторах падают на 35%. Виртуальный ствол превращается в бионическую балку, близкую к равнопрочной посредством минимально возможных изменений его геометрии.

УДК 621.91.04

АНАЛИЗ СХЕМ ОБРАБОТКИ ПРОФИЛЬНЫХ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ РОТАЦИОННЫМ ИНСТРУМЕНТОМ

Студент гр.10305217 Бурак В.А.

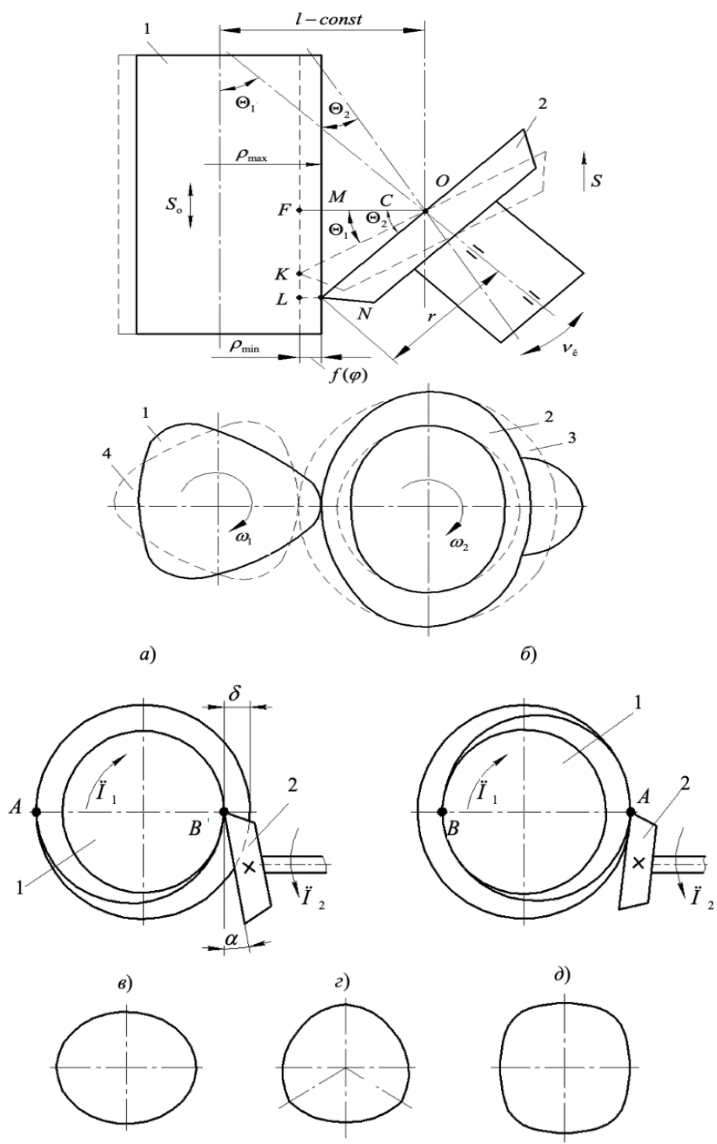
Научный руководитель – Данилов А.А.

Белорусский национальный технический университет
Минск, Беларусь

Профилирование некруглой поверхности резанием возможно кинематическим методом за счет сообщения инструменту согласованных движений, геометрическим методом при выполнении режущей кромки соответствующей формы и комбинированным методом. Принятый способ формообразования служит основой для проектирования режущего инструмента и станка. Рассмотрим известные схемы их обработки [1].

Прогрессивным направлением в металлообработке является ротационное резание, обеспечивающее при более высокой стойкости инструмента повышение производительности обработки. В этой связи заслуживает внимания разработка эффективного метода ротационного точения профильных поверхностей.

Кинематический метод (рисунок 1, а) профилирования некруглой цилиндрической поверхности реализуется при сообщении ротационному резцу качательного движения [а.с. 1009612]. Обработка осуществляется ротационным резцом 2 с круговой режущей кромкой, которому сообщают подачу S вдоль оси вращения заготовки 1 и вращение вокруг своей оси, скрещивающейся с осью вращения заготовки. Заготовка получает вращение с угловой скоростью ω_1 , а ротационный резец со скоростью ω_2 , при этом угловая скорость вращения резца не зависит от угловой скорости вращения заготовки и формируемого профиля и назначается, исходя из условий резания.



a, б – схема профилирования; *в-д* – форма профилей

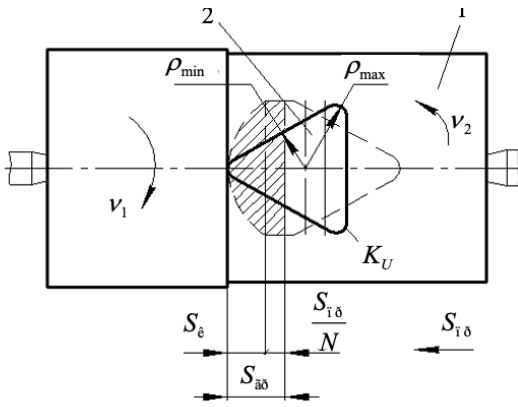
Рисунок 1 – Схемы обработки некруглой цилиндрической поверхности: *а* - качающимся ротационным резцом; *б* - наклоненным к оси вращения круглым резцом

Для формирования некруглого профиля резцу сообщают также качательное движение v_c вокруг точки O пересечения плоскости, проходящей через круговую режущую кромку, с его осью вращения (центр инструмента) и в плоскости, которая содержит оси вращения резца и заготовки. Благодаря качательному движению v_c изменяется расстояние между осью вращения заготовки и формообразующей точкой режущей кромки резца. Для компенсации смещения режущей кромки в направлении подачи, вызываемого качательным движением резца, заготовке или резцу сообщают осевые колебания S_z , согласованные с качательным движением резца.

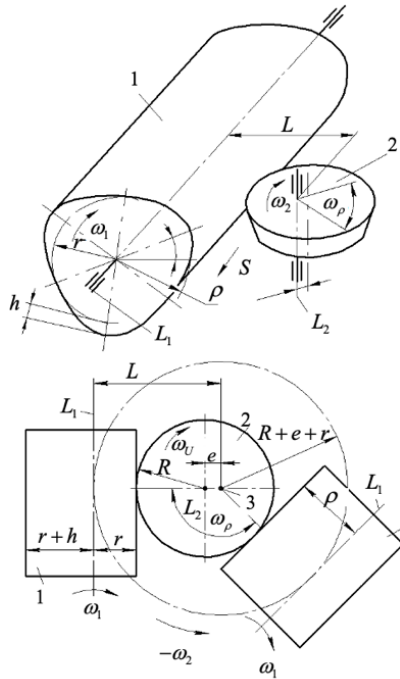
Известный геометрический способ (рисунок 1, б) формирования некруглых поверхностей основан на установке круговой режущей кромки под непрямым углом к оси вращения резца [а.с. 665982]. Он позволяет обрабатывать цилиндрические поверхности различного профиля в зависимости от соотношения угловых скоростей резца и заготовки. Обработку осуществляют круглым резцом, режущую кромку которого устанавливают под углом к его оси вращения, не равным 90° .

Достоинством этого способа по сравнению с предыдущим является отсутствие реверсивных движений инструмента относительно заготовки, что позволяет повысить производительность обработки. Недостатком рассмотренных способов ротационного точения является существенное изменение рабочих углов режущей части, отрицательно влияющее на условия стружкообразования, динамику процесса резания и производительность обработки.

В меньшей степени отмеченный недостаток проявляется при обработке некруглых (рисунок 2, а) поверхностей инструментом, режущая кромка которого имеет полигональную форму в плоскости, перпендикулярной оси его вращения [а.с. 1126375]. Ось вращения инструмента перпендикулярна оси вращения заготовки 2. Для профилирования некруглой цилиндрической поверхности инструменту сообщают гармоническое поперечное движение, согласованное с вращением заготовки, и продольную подачу. В данном случае профиль поверхности образуется комбинированным методом.



а)



б)

Рисунок 2 – Схемы обработки некруглой цилиндрической поверхности вращающимся резцом: а - с полигональной формой режущей кромки; б - эксцентрично установленным круглым резцом

Схема обеспечивает формирование профиля с равноосным контуром (РК-профиль). Ее недостатком является наличие гармонических колебаний инструмента в радиальном направлении, что ограничивает производительность обработки.

Отмеченный недостаток устранен в способе ротационного точения некруглых цилиндрических поверхностей (рисунок 2, б) эксцентрично установленным круглым резцом [а.с. 982845]. Заготовке 1 и круглому резцу 2 радиусом R сообщаются вращательные движения соответственно ω_1 и ω_2 , с частотами n_1 и n_2 вокруг скрещивающихся под прямым углом осей L_1 и L_2 . Геометрическая ось 3 резца параллельна оси его вращения L_2 и отстоит от нее на величину эксцентриситета $e=h/2$, где h – высота выступов некруглого профиля над вписанной в него окружностью радиусом r . Если отношение i частот вращений резца и заготовки равно числу выступов m , то достигается формообразование некруглой цилиндрической поверхности с прямолинейной образующей. При дробном значении i множество положений любой точки режущей кромки при ее угловом параметре, равном $2\pi n$, принадлежит цилиндрической винтовой линии, радиус которой зависит от выбора точки на режущей кромке.

Образуемый профиль является синусоидальным (синоидным) с m равномерно расположенными по окружности выступами, высота h которых равна $2e$. Величина e влияет на кривизну профиля, который может быть выпуклым или выпукло-вогнутым. Образуемый профиль не зависит от радиуса резца, который изменяется при переточке, что имеет практическое значение.

Таким образом, из рассмотренных способов обработки некруглых цилиндрических поверхностей определенные преимущества имеет способ ротационного точения эксцентрично установленным круглым резцом, реализуемый на универсальных станках.

Литература

1. Данилов, В.А. Научно-техническое обеспечение применения профильных моментопередающих соединений в горных машинах и оборудовании / В.А. Данилов, В.Я. Прушак // Горная механика. – 2009. – № 2. – С. 5-13.

УДК 621.9.06

ГИДРОМЕХАНИЧЕСКИЕ ПАТРОНЫ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ В ИНСТРУМЕНТАЛЬНОМ ОБЕСПЕЧЕНИИ СТАНКОВ

Студент гр.10305218 Ломонос П.И.

Научный руководитель – профессор Якимович А.М.
Белорусский национальный технический университет
Минск, Беларусь

Основная задача гидромеханического патрона – надежная фиксация режущего инструмента, его центрирование в шпинделе, и передача ему крутящего момента от станка. С их помощью выполняют точную чистовую обработку – фрезерование, сверление, развертывание и т.д. Для черновой обработки не применяются, т.к. жидкость внутри патрона может закипеть из-за высоких температур при резании.

Гидравлический патрон предотвращает появление микротрещин на режущей кромке пластины, возникающих обычно в результате вибрации механической системы зажима. В результате лучшее качество работы и увеличение срока службы инструмента в четыре раза.

При зажиме внутри закрытой камерной системы формируется равномерное давление посредством крепежного винта и зажимного поршня (рисунок 1). Крепежный винт завинчивается с помощью шестигранного ключа до упора. Зажимной поршень направляет рабочую жидкость в камеру расширения, в результате чего увеличивается давление. Тонкостенная компенсационная втулка равномерно сгибается над цилиндрическим хвостовиком инструмента. Во время процесса зажима инструмента сначала устанавливается в среднее положение, а затем закрепляется по всей своей длине.

Уплотнительный элемент обеспечивает превосходную герметизацию и длительный срок службы.

Преимущества зажима режущих инструментов в гидромеханических патронах

- Быстрая смена инструмента;
- Высокий уровень соосности;
- Виброгасящий зажим инструмента;
- Увеличенный срок службы инструмента;
- Улучшение качества обработанной поверхности;

- Простота эксплуатации;
- Высокая точность позиционирования и повторяемость.

Недостатки

- Высокая стоимость изготовления;
- Зависимость качества зажима от температуры резания.

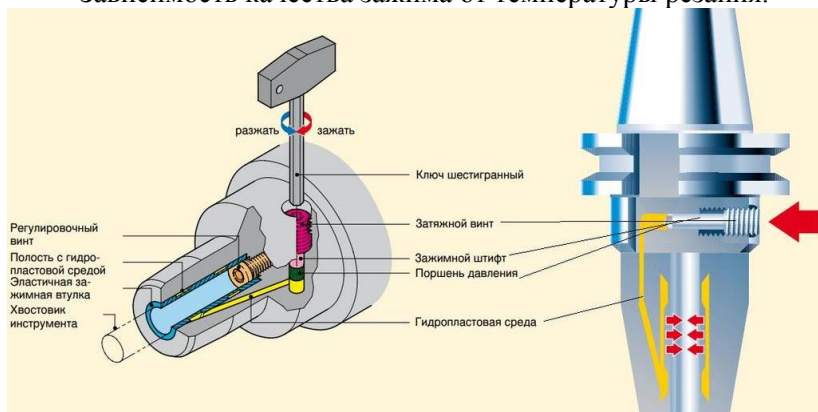


Рисунок 1 – Зажим гидравлического патрона

Гидромеханические патроны [1] выпускают с различными хвостовиками. Основными из них являются: SK (от нем. Steilkegel) (7:24) – стандартный хвостовик; MAS403/BT (7:24) – японская разработка, аналог SK; HSK (от нем. Hohl Shaft Kegel) – применяется для высокоскоростной обработки материала; PSK – полигональный зажим; VDI – хвостовик для револьверной головки токарного станка.

Разновидностью гидромеханических патронов являются патроны с технологией полигонального зажима [2]. При подаче на патрон соответствующего давления с помощью гидравлического насоса, инструментальная оправка принимает круглую форму. Далее без особых усилий вставляется хвостовик инструмента. Затем давление на насосе ослабевает, и отверстие под инструмент снова принимает полигональную форму. Происходит фиксация по 3 линиям вдоль хвостовика инструмента с высокой повторяемостью.

Патрон с полигональным зажимом (рисунок 2) состоит из: медной вставки 1; виброгасящего кольца 2; полиуретановой вставки 3; корпуса 4. Гидронасос может использоваться для быстрого и равномерного зажатия инструмента с помощью ручного управления. Требуемое давление зажатия может быть точно получено с помо-

щью стандартного индикатора давления. При смене инструмента оператор соединяет инструментальную оправку с соответствующим приемным устройством, вставляет их вместе в предназначенный для этого проем гидронасоса.

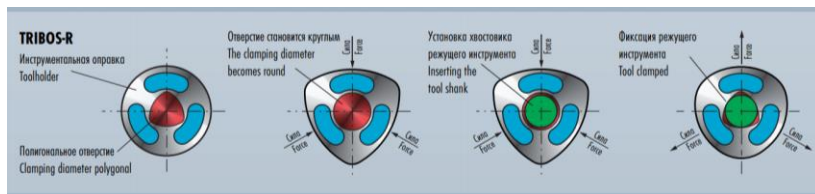
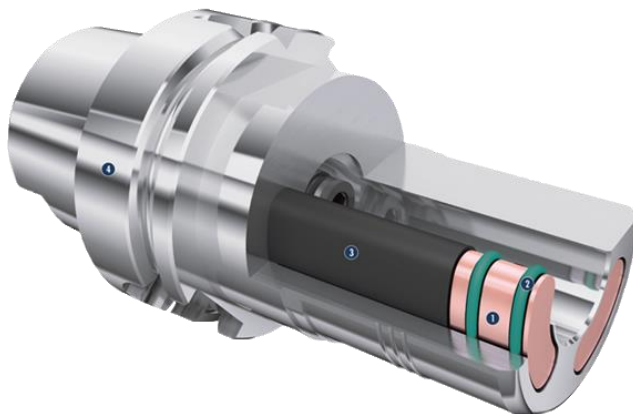


Рисунок 2 – Патрон с полигональным зажимом

Литература

1. Каталог KEMMLER 2020 г. [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://kemmler-tools.ru/wp-content/uploads/FlippingBook/2020/KEMMLER_Katalog_2020/2/index.html
2. Каталог SCHUNK 2021 г. [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://schunk.com/fileadmin/user_upload/Live_ab_2016/06_Service/Kataloge/2021/SCHUNK_Werkzeughalterkatalog_2021.pdf.

УДК 621.9

ПЯТИОСЕВЫЕ МНОГОЦЕЛЕВЫЕ СТАНКИ ДЛЯ ОБРАБОТКИ КОРПУСНЫХ ДЕТАЛЕЙ

Студент гр.10305118 Козловский С.Е.

Научный руководитель – ст. преподаватель Василенко Т.В.

Белорусский национальный технический университет

Минск, Беларусь

Пятикоординатный станок предполагает полную обработку заготовки с одного установа, что позволяет:

- выполнять резание под любым углом;
- повысить точность механической обработки, так как исключаются ошибки при переустановке детали на другой станок;
- снизить затраты на переналадку и время на вспомогательные операции;
- сэкономить производственные площади.

Многофункциональность станка позволяет выполнять не только множество технологических операций, но и заменить целый ряд станков. Поэтому это технологическое оборудование нашло применение в таких отраслях промышленности как авиакосмическая, медицинская и так далее. В качестве примеров на рисунке 1 приведены детали, полученные после механической обработки на пятиосевых станках.



Рисунок 1 – Типовые детали 5-осевой обработки

Будучи построенными на базе многоцелевых станков, отличительной особенностью 5-осевых станков является наличие скоростной поворотной шпиндельной бабки либо наклонно-поворотного стола (рисунок 2).



Рисунок 2 – Поворотная головка и наклонно-поворотный стол

Рассмотрим компоновочные решения, применяемые в пятиосевых многоцелевых станках с использованием наклонно-поворотных столов. Можно выделить следующие компоновки:

- наклонно-поворотный стол (рисунок 3, а), встраиваемый в боковые стенки портальной конструкции станины (каталог фирмы HERMLE);
- подвижный наклонно-поворотный стол (рисунок 3, б). Такой стол обеспечивает трехкоординатное перемещение заготовки (каталог фирмы MATSUURA);
- наклонно-поворотный стол (рисунок 3, в), смонтированный на двух передних опорах передней части станины (каталог фирмы DMG);
- наклонно-поворотный стол (рисунок 3, г) с креплением наклонной части в боковой стенке станины с консольным расположением поворотной части (каталог фирмы DMG).

Первые 3 варианта исполнений наклонно-поворотных столов имеют конфигурацию типа «люлька» и отличаются достаточной жесткостью при обработке заготовок средних и крупных размеров. Вариант компоновки (г) имеет несколько более низкую жесткость, но упрощает установку заготовки сложной формы.

Были рассмотрены основные технические характеристики 18 станков с наклонно-поворотным столом. Получены графики зависимости мощности [кВт] и крутящего момента [Н×м] на шпинделе от диаметра рабочей поверхности стола (рисунок 4). Полученные графические зависимости позволяют сделать более обоснованным выбор основных параметров 5-осевых станков при проектировании.

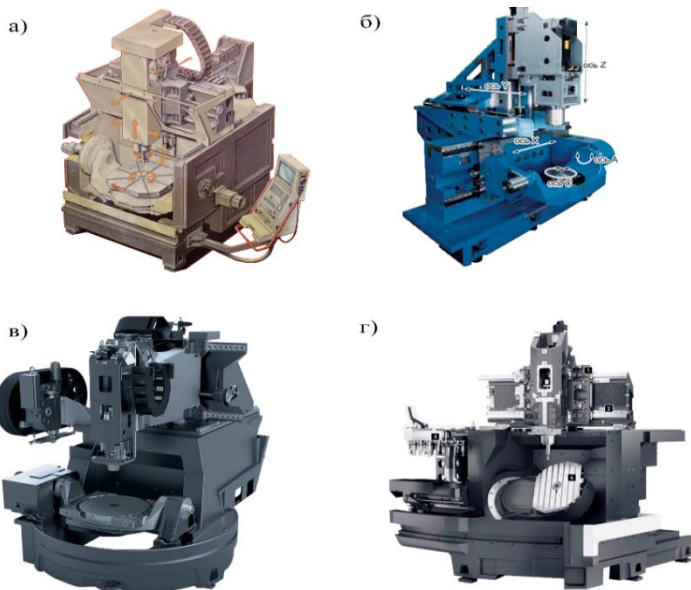


Рисунок 3 – Примеры компоновочных исполнений пятиосевых станков с наклонно-поворотными столами

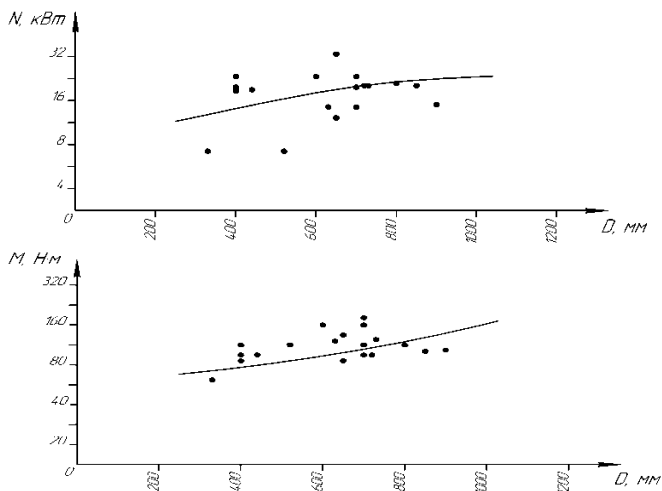


Рисунок 4 – Зависимости мощности и крутящего момента от диаметра рабочей поверхности

УДК 621.923(075.8)

ВЫСОКОСКОРОСТНОЕ ШЛИФОВАНИЕ И АБРАЗИВНЫЙ ИНСТРУМЕНТ

Студент гр.10305218 Осадчий Е.Н.

Научный руководитель – ст. преподаватель Маркова Е.А.

Белорусский национальный технический университет

Минск, Беларусь

Высокоскоростное шлифование осуществляется на скорости вращения выше 60 м/с, предотвращает быстрый износ шлифовального круга и повышает производительность труда. Для повышения скорости шлифования в 1,5-2 раза используется абразивные зерна высокой прочности. Это позволяет снимать меньшее количество материала, соответственно, образуется меньшее количество стружки и обработка становится более точной. Переход на высокие скорости работы целесообразен не всегда, поэтому важно знать преимущества и недостатки этого подхода, понимать, какие использовать абразивные материалы, связки и СОЖ.

Требования к кругам для высоко/сверхскоростной обработки, по аналогии с кругами для традиционных видов шлифования, состоят в первую очередь в том, что круги должны обладать высокой режущей способностью и быть прочными. Такие круги состоят из корпуса с высокой механической прочностью и сравнительно тонкого абразивного покрытия. Режущая часть, в основном, представляет собой слой суперабразива (CBN-эльборовые круги или алмаз), выполненный на полимерной связке для работ на скорости шлифования менее 150 м/с, керамической связке для 200 м/с или с однослойным покрытием для скоростей выше 250 м/с.

Абразивный материал необходимо выбирать, в первую очередь, по отсутствию химического сходства в паре абразив – материал детали; затем осуществить выбор по остроте, размерам и твердости зерен, размерам пор и выбрать важнейший показатель характеристики инструмента — связку (вещество или совокупность веществ, применяемых для закрепления зерен шлифовального материала и наполнителя в абразивном инструменте).

Износ кругов при быстроходном шлифовании существенно зависит от типа связки круга. Шлифовальные круги на гальванической и полимерной связке обладают высокой режущей способностью, зна-

чительной твёрдостью связки, высокой производительностью съёма, высокой теплопроводностью и термостойкостью, при этом имеют незначительный износ, что уменьшает время обработки.

Материал связки при разной толщине стружки, снимаемой абразивным зерном на различной скорости круга, оказывает существенное влияние на удельный съём. Для съёма больших по толщине стружек требуется соответствующий абразивный инструмент, способный выдерживать большие нагрузки на зерно, и открытая структура круга (характеризует соотношение объемов шлифовального материала, связки и пор в абразивном инструменте), обеспечивающая хорошие поры для стружки из зоны контакта круга с деталью. Эти качества обеспечивает однослойный круг из кубического нитрида бора на гальванической связке.

Особенности применения СОЖ при высокоскоростном шлифовании связаны с режимами обработки – скоростью резания до 200 м/с и съёмом материала $Q \geq 1000 \text{ мм}^3/\text{мм}$, а также со спецификой конструкции инструмента и способом обработки. Основными действиями СОЖ, важными с точки зрения процесса высокоскоростного шлифования, являются:

- 1) смазочное действие – приводит к уменьшению трения и тем самым к снижению количества выделяемого тепла. Для уменьшения или устранения трения должна быть образована разделительная пленка между инструментом и заготовкой;
- 2) охлаждающее действие – заключается в отводе тепла от нагретых участков зоны шлифования и свободных поверхностей детали и круга за счет нагрева и парообразования СОЖ. Кроме того, существующие в современных станках системы температурной стабилизации СОЖ выполняют роль снижения тепловых деформаций корпусных деталей станка, в частности стола и станины;
- 3) диспергирующее действие состоит в пластифицировании и адгезионном понижении прочности материала детали;
- 4) демпфирующее действие снижает уровень колебаний элементов технологической системы;
- 5) моющее действие – очистка шлифовального круга и детали от шлама, отвод стружки от зоны обработки.

Достоинства высокоскоростного шлифования:

1. Объем снимаемого металла повышен при условии сильного прижимания шлифовального круга к обрабатываемой поверхности, за счет чего происходит глубинное внедрение абразивных зерен;
2. Шероховатость получаемого в итоге изделия значительно уменьшается, так как шлифовка на высокой скорости способствует более детальной обработке поверхности;
3. Увеличивается мощность работы шлифовального оборудования (примерно на 20%);
4. Уменьшается время изнашивания одного шлифовального круга, так как на высокой скорости абразивные зерна затупляются медленнее;
5. Снижение погрешности итогового изделия, что позволяет максимально точно повторить форму и структуру поверхности.

Литература

1. Быстроходное шлифование – новые технологии и оборудование. Быстроходное шлифование – финишная обработка. Труднообрабатываемых материалов. [Электронный ресурс].
2. Высокоскоростная обработка – ключ к развитию шлифования. [Электронный ресурс].
3. Развитие техники подачи СОЖ при шлифовании. [Электронный ресурс].

ОПРАВКИ С МЕХАНИЧЕСКОЙ СИСТЕМОЙ КРЕПЛЕНИЯ ИНСТРУМЕНТА

Студент гр.10305218 Осадчий Е.Н.

Научный руководитель – профессор Якимович А.М.
Белорусский национальный технический университет
Минск, Беларусь

При обработке деталей на металлорежущих станках для передачи высоких крутящих моментов используются осевые инструменты, имеющие хвостовик с лыской (рисунок 1). Для их зажима используются два типа патронов: патрон Weldon для инструмента с хвостовиком по DIN 1835-B, DIN 6535-HB и ISO 9766 и патрон Whistle-Notch для инструментов с хвостовиком по DIN 1835-E, DIN 6535-HE [2, 3].

Принцип действия – хвостовик инструмента имеет плоскую лыску (или две), зажим осуществляется закручиванием винта, расположенного перпендикулярно оси инструмента и лыске. Винт упирается в площадку лыски, фиксируя инструмент, при этом он исключает возможность смещения инструмента в осевом направлении и передает вращающий момент от шпинделя к инструменту (рисунок 2).

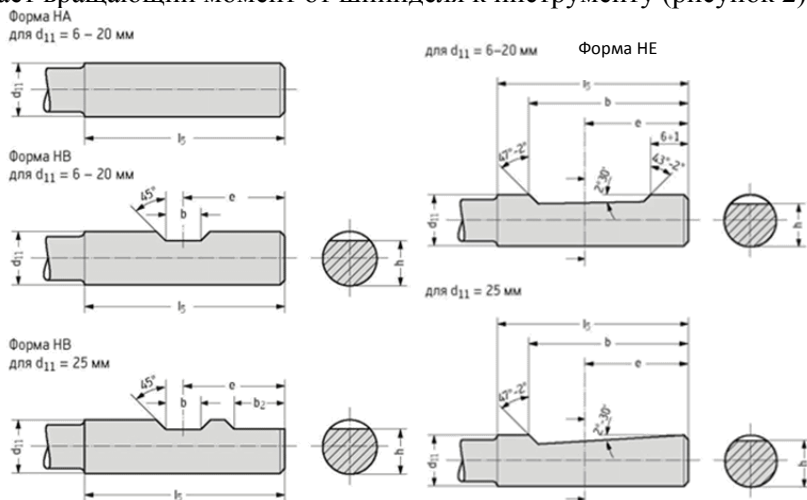


Рисунок 1 – Формы цилиндрических хвостовиков по DIN 6535 (аналог DIN 1835)

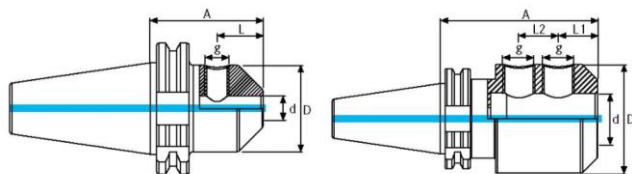


Рисунок 2 – Конструкция Weldon-патрона

Наиболее широко система крепления Weldon применяется для зажима инструментов с диаметром хвостовика 20 мм и более. Как правило, это сверла, фрезы и расточные головки со сменными многогранными пластинами (СМП). Для установки сверл с СМП с возможностью корректировки обрабатываемого диаметра используют промежуточные эксцентриковые втулки, позволяющие в небольших пределах варьировать обрабатываемый диаметр (рисунок 3).



Рисунок 3 – Оправки с возможностью регулировки диаметральных размеров обработки

Патроны для сверл с хвостовиком ISO 9766 отличаются от патронов Weldon тем, что лыска выполнена на всю длину хвостовика, а не короткая, а также шлифованной торцевой поверхностью.

При обработке на станках с высокими частотами вращения шпинделя применяют оправки и патроны, в которых предусмотрена возможность балансировки инструментального блока (вспомогательный + режущий инструмент) на балансировочном стенде. В этом случае исключаются вибрации и центробежные нагрузки на шпиндель при высоких частотах вращения. Это осуществляется балансировочными грузиками (рисунок 4).



Рисунок 4 – Оправка с балансировочными грузиками

Достоинствами Weldon крепления являются большая, по сравнению с цанговым патроном, жёсткость, простота конструкции. К недостаткам конструкции относятся необходимость разных патронов для инструментов с различным диаметром хвостовика.

Крепления Whistle-Notch могут использоваться для надёжной фиксации инструмента с цилиндрическими хвостовиками бокового зажатия. Крепление зажимного винта препятствует скручиванию и выскакиванию инструмента при зажатии инструментов с цилиндрическими хвостовиками по DIN 1835E, DIN 6535E и DIN 6595.

Патроны Whistle-Notch схожи с патронами Weldon, имеют все его достоинства и недостатки. Единственное отличие: лыска на инструменте выполнена под углом 2° к оси инструмента и зажимной винт расположен под углом к оси и перпендикулярен поверхности лыски, т.е. винт не только прижимает хвостовик к стенке патрона, но и затягивает его внутрь (рисунок 5).

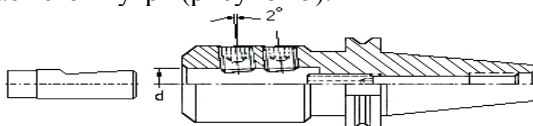


Рисунок 5 – Конструкция Whistle-Notch-патрона

Литература

1. Каталог СКИФ [Электронный ресурс].
2. Каталог оснастка Guhring [Электронный ресурс].
3. Каталог инструментальные оправки SHUNK [Электронный ресурс].

УДК 621.91.04

ИССЛЕДОВАНИЕ СХЕМЫ ПОЛИГОНАЛЬНОГО ПРОФИЛИРОВАНИЯ НЕКРУГЛЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ РЕЗАНИЕМ

Студент гр.10305218 Самосюк С.В.

Научный руководитель – д-р. техн. наук, проф. Данилов В.А.

Белорусский национальный технический университет

Минск, Беларусь

Прогрессивным методом обработки некруглых поверхностей, в частности, является полигональное точение. Его достоинством является отсутствие реверсивных движений инструмента относительно заготовки, что обеспечивает повешенную производительность обработки. Формирование некруглого профиля осуществляется двумя согласованными вращательными движениями заготовки и инструмента.

Кинематически любая линия формируется как траектория результирующего (исполнительного) движения производящей точки, образованного множеством сообщаемых ей элементарных движений. При синтезе кинематической схемы обработки должны быть обеспечены рациональная структура исполнительного движения и обосновано распределение элементарных движений между инструментом и заготовкой [1]. В частности, для образования профиля некруглой цилиндрической поверхности в виде множества конгруэнтных участков существенными преимуществами по сравнению с другими возможными обладает схема профилирования, основанная на сочетании двух согласованных вращательных движений, одно из которых сообщается инструменту, а другое – заготовке [2]. При этом инструментом могут быть резцовые головки внешнего касания или охватывающего типа.

Инструментом внешнего касания (рисунок 1, а) некруглый профиль образуется при сообщении заготовке 1 и режущему инструменту 2 согласованных вращательных движений B_1 и B_2 с угловыми скоростями, соответственно ω_1 и ω_2 , вокруг параллельных осей L_1 и L_2 , расстояние между которыми $l = R + r$, где R – расстояние от вершины C резца до оси L_2 вращения инструмента, r – радиус впи-

санной в профиль окружности. Точка C в относительном движении перемещается по траектории ab (рисунок 1, б), уравнение которой

$$\begin{cases} x = l \cos \alpha - R \cos(\beta - \alpha) \\ y = l \sin \alpha + R \sin(\beta - \alpha) \end{cases}, \quad (1)$$

где β – угол поворота точки C вокруг оси L_2 , соответствующий углу α поворота заготовки.

Отношение β/α , равное отношению угловых скоростей или частот вращательных движений инструмента и заготовки, должно обеспечивать процесс непрерывного деления и получение профиля заданной формы. В зависимости от параметров схемы обработки данная траектория может быть выпуклой, вогнутой и приближаться к прямой. При меньших значениях отношения β/α образуются выпуклые, а при больших – вогнутые грани.

Для формирования резцовой головкой профиля в виде ломаной линии, образованной m конгруэнтными участками, должно выполняться условие

$$i = m/Pz, \quad (2)$$

где m – количество граней;

z – число резцов в головке;

P – целое число, задающее последовательность обработки граней.

Для деталей с четным числом плоских граней рассматриваемая схема осуществима только при $n_2/n_1=2$ и $P=1$. В этом случае должны выполняться условия: $m/(Pz) = 2$ и $r/R=0$, что практически невыполнимо, так как $r \neq 0$ и $R \neq \infty$. Поэтому возможно лишь приближенное профилирование плоских граней по эллипсу, отклонение Δ которого от прямой выражается зависимостью

$$\Delta = r(1 - \cos \alpha). \quad (3)$$

Максимальное значение Δ соответствует моменту окончания обработки грани, для которого

$$\alpha \approx \arcsin\left(\sqrt{R_0^2 - r^2} / (2R + r)\right). \quad (4)$$

В процессе обработки непрерывно изменяются передний и задний рабочие углы ржущих лезвий. Текущее их изменение θ составляет (рисунок 1, б):

$$\theta = \alpha(m/(zP) - 1) + \arctg |rtg \alpha / (r + 2R)|, \quad (5)$$

где R_0 – радиус окружности, описанной вокруг профиля.

Рассмотренные выше схемы обработки некруглых поверхностей реализуются с помощью резцовых головок внешнего касания и охватывающего типа. От количества резцов на резцовой головке и количества формируемых граней поверхности, зависит профиль получившейся детали.

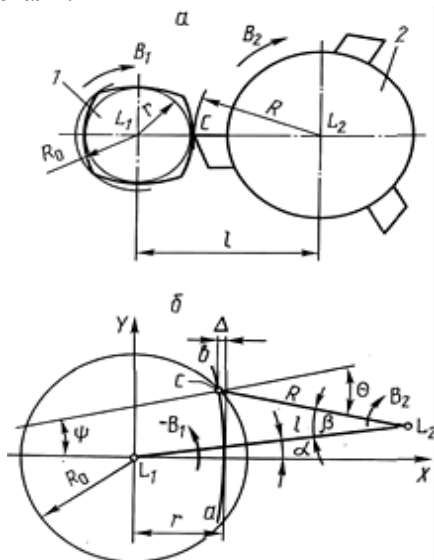


Рисунок 1 – Профилирование некруглой поверхности инструментом внешнего касания: а – схема обработки, б – схема профилирования.

Полигональное точение на данный момент является прогрессивным методом обработки и широко применяется при комплексной обработке деталей с круглыми и многогранными поверхностями на многооперационных токарных станках с ЧПУ. Благодаря комплексной обработке исключается фрезерная операция и сокращается стоимость обработки. Для его реализации за рубежом выпускаются специальные станки. Комплексная обработка возможна так же на модернизированных универсальных станках, например на станке модели ВС50.

Литература

1. Данилов, В.А. Общие принципы синтеза рациональных технологий формообразования сложных поверхностей резанием / В.А. Данилов // Мир технологий. – №1.– 2003. –С. 61–71.
2. Данилов, В.А. Кинематическое формирование производящих линий поверхности при обработке резанием на базе циклоидальных кривых / В.А. Данилов, Л.А. Данилова // Вестник Полоцкого государственного университета, серия В «Прикладные науки». – №12. – 2004. – С. 44–53.

УДК 62-229.322

ЦАНГИ И ЦАНГОВЫЕ ПАТРОНЫ В КОНСТРУКЦИЯХ ВСПОМОГАТЕЛЬНЫХ ИНСТРУМЕНТОВ ДЛЯ СТАНКОВ С ЧПУ

Студент гр.10305218 Самосюк С.В.

Научный руководитель – профессор Якимович А.М.
Белорусский национальный технический университет
Минск, Беларусь

Цанговый патроны (рисунок 1) – это разновидность оснастки металлорежущих станков с самозажимной фиксацией. Это простое и надежное устройство, широко применяемое при выполнении операций на токарных, сверлильных и фрезерных станках, обеспечивающее высокую точность центровки, минимальное радиальное биение. Основное назначение — это зажим фрезерного инструмента, выполнение операций по сверлению, фрезерованию и резьбонарезанию.

DIN69893 HSKA - DIN 6499

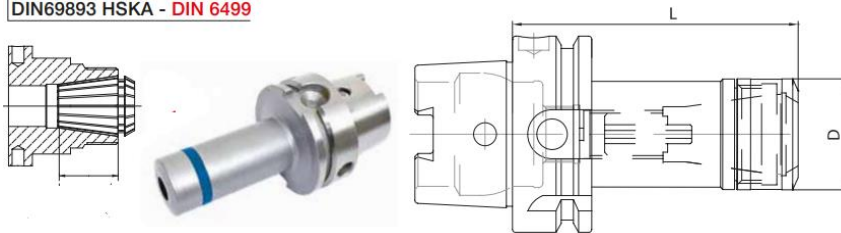


Рисунок 1 – Цанговый патрон

Цанговые патроны различаются по виду и размеру, но все они работают по единому принципу. Оснастка состоит из набора цанг и зажимной гайки, которая создаёт давление на торец цанги. Из-за усилия давления цанга смещается в коническое отверстие корпуса, одновременно уменьшаясь в диаметре и обеспечивая усилие сжатия хвостовика инструмента или оправки. Для съёма инструмента гайка свинчивается, увеличивая диаметр цанги.

Недостатками таких патронов является то, что для инструмента с различным диаметром хвостовиков требуются разные цанги. Несмотря на это, цанговые патроны получили очень широкое распространение благодаря своей простоте и надежности.

Цанга – приспособление для зажима в цанговый патрон инструментов. При подготовке станка к работе лепестковый элемент устанавливается в цанговый патрон, а следом накручивается самозажимная гайка. После этого в конструкцию вставляется необходимая фреза и окончательно зажимается гайкой, которая по мере закручивания сжимает стенки цанги, тем самым прочно фиксируя хвостовую часть режущего инструмента.

В зависимости от конструкции зажимной части различают:

- конические;
- конические с квадратом;
- цилиндрические;
- цилиндрические с квадратом.

Типы цанг [1, 2]:

- ER Цанги;
- SC Цанги;
- EOC (OZ) Цанги;
- ERG цанги;
- ERS цанги;
- TER цанги;
- Быстросъемные резьбонарезные цанги-втулки.

Наиболее распространены цанги типа ER (рисунок 2). Это цанги со сквозным отверстием, стандарт DIN 6499B, для зажима фрез и другого инструмента с цилиндрическим хвостовиком в цанговом фрезерном патроне. Имеет 2 зоны зажима, используются на фрезерных, сверлильных, расточных станках, в том числе с ЧПУ. Бывают разновидности с внутренним (ERS) и внешним подводом СОЖ [1].

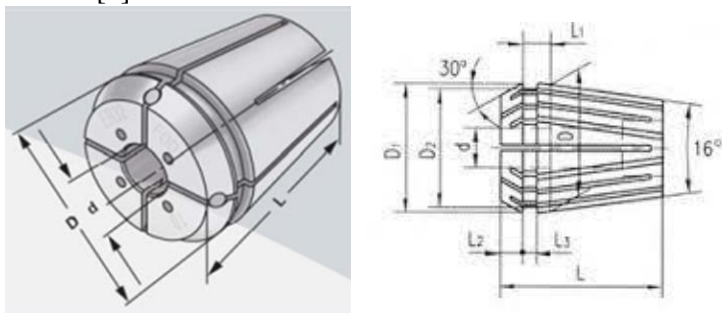


Рисунок 2 – ER цанги

Цанги резьбонарезные типа ERG – применяются для жесткой фиксации машинных метчиков. Внутренний зажим в виде квадрата не даст прокручиваться инструменту при любых условиях работы станка даже при нарезании резьбы в сложных материалах. Для цанг ERG нужен патрон типа ER.

Цанги резьбонарезные типа TER для машинных метчиков с возможностью настраивать крутящий момент. Для любых видов резьбы. Крепятся в цанговых ER-патронах.

Цанги EOC (OZ) используются в цанговых патронах для жесткой фиксации инструмента. Подходят для силового резания. Особенностью является маленький угол конусности, обеспечивают большее усилие зажима инструмента. Применяется для фрез, сверл и других инструментов с цилиндрическим хвостовиком.

Цилиндрические SC цанги-втулки применяются для закрепления инструмента с цилиндрическим хвостовиком в силовых фрезерных или гидропластовых патронах - тип SSC для силовых фрезерных, тип HSC для гидропластовых патронов. Выполняют редуцирующие функции, позволяющие закреплять в одном патроне больший диапазон диаметров хвостовиков инструментов.

Основные достоинства цангового метода фиксации:

- минимальное радиальное биение.
- высокоточная центровка.
- простая установка без применения ключей.

Основным недостатком цангового метода фиксации является ограниченный диаметр хвостовиков устанавливаемых инструментов.

Литература

1. Каталог Kintek 2019 г. [Электронный ресурс]
2. Каталог Iscar 2018 г. [Электронный ресурс]

РАЗВИТИЕ КОНСТРУКЦИЙ ВСПОМОГАТЕЛЬНОГО ИНСТРУМЕНТА С ПАТРОНАМИ ДЛЯ СИЛОВОГО ФРЕЗЕРОВАНИЯ

Студент гр.10305218 Шахович А.Д.

Научный руководитель – профессор Якимович А.М.

Белорусский национальный технический университет
Минск, Беларусь

Оправки являются оснасткой для фрезерного станка и предназначены для передачи вращающего момента шпинделя инструменту. Они используются во фрезерных станках всех типов. Конструкция фрезерной оправки зависит от типа станка и используемого инструмента. Конусы – самый распространенный тип хвостовиков фрезерных патронов. Преимущества: быстрая смена оснастки и инструмента, высокая точность центрирования, надежность крепления.

Фрезерная оправка включает следующие типовые элементы (рисунок 1): конический хвостовик 1 с конусностью 7:24 (приращение 7 мм диаметра на каждые 24 мм длины); затяжной винт 2 (штрепель) для закрепления оправки в станке при автоматизированном зажиме или внутреннее резьбовое отверстие для шомпола при механическом или ручном зажиме; фланец 3 – часть оправки, содержащая элементы для дополнительной передачи крутящего момента и/или для захвата механизмом УАСИ; паза для угловой ориентации оправки в захватном механизме; часть оправки (патрон) для закрепления инструмента 4. В зависимости от типа инструмента существуют различные виды этой части.

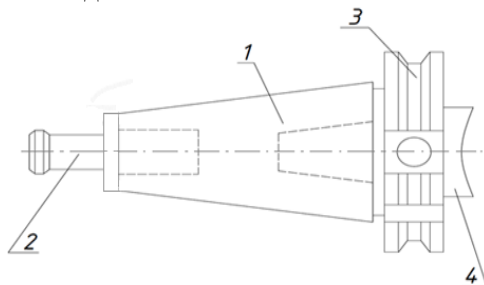


Рисунок 1 – Типовые элементы конструкции фрезерной оправки

Одной из разновидностей зажимных устройств являются силовые фрезерные патроны, которые предназначены для черновой обработки в тяжелых условиях концевым фрезерным инструментом. Основное назначение – передача высокого крутящего момента. Кроме того, конструкция силового фрезерного патрона позволяет быстро менять рабочий инструмент, не прилагая при этом значительных усилий. Оснастка является универсальной, так как фрезерные патроны можно использовать совместно с переходными втулками под разные диаметры хвостовиков фрез.

Данные патроны сочетают в себе 3 важных достоинства: высокая зажимная сила, высокая жесткость, высокая точность. Высокая зажимная сила хвостовика фрезы в 4-5 раз больше, чем у обычного цангового патрона, при минимальном крутящем моменте 50–70 Нм. Это возможно благодаря зажимному механизму, основанному на принципе конической резьбы. На рисунке 2 показана принцип реализации конической резьбы с использованием нескольких цилиндрических роликов, наклоненных под углом α к оси, с целью создания спирального угла по принципу конической резьбы.

Одной из разновидностей силовых патронов являются роликовые патроны, которые предназначены для тех же целей, что и цанговые. В них сила закрепления создается за счет заклинивания игольчатых роликов 3 между гайкой 5 и конической наружной поверхностью корпуса 1 (рисунок 2). Закаленные стальные ролики укладываются в латунный сепаратор 4. Сепаратор фиксируется на корпусе 1 запорными кольцами 2 и 7. Как правило, размещают 126 роликов диаметром 2 мм и длиной 10 мм. При размещении роликов под углом $1,5...2^\circ$ огибающая их поверхность образует гиперболоид, который при вращении гайки дополнительно деформирует корпус 1, создавая более равномерный зажим.

На передаваемый крутящий момент $M_{кр}$ в роликовых патронах существенно влияет величина угла поворота гайки, измеряемая по дуге наружного диаметра. При повороте по дуге длиной более 60 мм (более $\frac{1}{4}$ оборота) прирост крутящего момента замедляется и на дуге 10 мм составляет всего 300 Нм.

Конструкция патрона обеспечивает высокую жесткость системы инструмент–патрон, вследствие чего устраняются вибрации и достигаются отличные результаты при финишных операциях обработки на высоких скоростях и подачах.

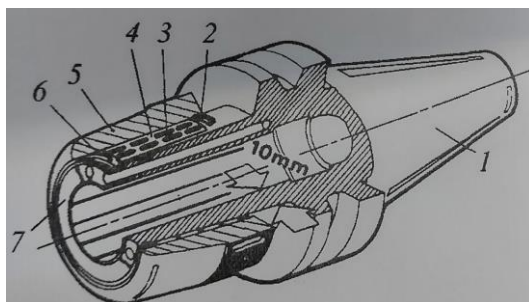


Рисунок 2 – Конструкция роликового силового патрона

Такие патроны обеспечивают геометрическую точность с максимальным радиальным биением 0,01 мм на контрольном валике с длиной 100 мм. Система зажима без движущихся элементов предохраняет фрезу от осевого движения во время предварительной установки, что обеспечивает точность ее позиционирования.

Другой разновидностью силовых патронов являются шариковые патроны, предлагаемые немецкой фирмой Gühring [1, 2]. Такие прецизионные фрезерные патроны с высоким усилием зажима предназначены для реализации процессов HSC (High Speed Cutting) скоростного и HPC (High Power Cutting) силового фрезерования, а также для сверления и развертывания.

Специальная зажимная втулка устанавливается в червячный привод и переносит усилие зажима на инструмент. Благодаря такой схеме закрепления достигается высочайшее усилие зажима, например, для хвостовика диаметром 12мм – 200 Нм, для хвостовика 16 мм – 300 Нм.

Специальная втулка-цанга с винтом с упорной резьбой на конце находится в зацеплении с гайкой. Гайка, установленная на подшипниках качения, получает вращение от червяка, который находится в зацеплении с выполненным на ней зубчатым венцом. При этом винт с втулкой-цангой перемещается в осевом направлении. Наружная коническая поверхность цанги упруго деформируется, сжимая при этом цилиндрический хвостовик закрепляемого инструмента. Передаточное отношение червячной передачи 1:16. Коническое соединение зажимной втулки с малым углом конусности и цилиндрической поверхностью корпуса патрона способствует практически полному поглощению вибраций.



Рисунок 3 – Зажимная втулка с червячным приводом

Такие патроны применяются для зажима цилиндрических хвостовиков по DIN 1835 A, B и E (из быстрорежущей стали) и для хвостовиков по DIN 6535 HA, HB и HE (из твердого сплава). Обеспечивается биение не выше 3 мкм при $2,5 \times D$.

Инструментальные оправки с силовым прецизионным фрезерным патроном фирмы Gühring с различными хвостовиками:

<p>Хвостовик HSK-A ISO 12164-1, DIN 69893-1</p>	
<p>Хвостовик SK ISO 7388/1, DIN 69871 форма AD</p>	
<p>Хвостовик MAS/BT 403 JIS B 6339, ISO7388-2 форма JD</p>	

Патроны выпускают с внутренними диаметрами 16, 20, 32 мм. Для расширения диапазона диаметров зажимаемого инструмента патроны используются совместно с редукционными цилиндрическими цангами, диапазон зажимаемых хвостовиков 3...25 мм. Примеры реализации цанг:



Литература

1. Patent 1206990 [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://data.epo.org/publication-server/document?iDocId=2124381&iFormat=2>
2. Каталог Gühring [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.guhring.ru/blaetterkatalog/index.html>

УДК 621.91.04

**РАЗРАБОТКА И РЕАЛИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИИ
ФОРМООБРАЗОВАНИЯ КРУГОВЫХ ВИНТОВЫХ
ПОВЕРХНОСТЕЙ РЕЗАНИЕМ**

Студент гр.10305218 Шпакевич Д.А.

Научный руководитель – д.т.н., профессор Данилов В.А.

Белорусский национальный технический университет

Минск, Беларусь

Винтовые поверхности постоянного и переменного шага широко применяются в конструкциях рабочих органов транспортирующих устройств технологического оборудования химической, перерабатывающей, пищевой и др. отраслей промышленности [1, 2]. Запасные части для импортного технологического оборудования часто закупаются за рубежом, так как отечественной промышленностью еще не освоено производство соответствующих станков, например, для обработки изделий с круговыми винтовыми поверхностями. Решение данной задачи связано с синтезом рациональных методов формообразования круговых винтовых поверхностей и кинематической структуры реализующих их станков, выбором эффективных методов обработки.

Геометрически круговая винтовая поверхность представляет множество окружностей, центры которых расположены на винтовой линии. В соответствии с кинематическим принципом представления и исследования поверхность рассматривается как след движения одной линии (образующей) по другой (направляющей) поэтому круговую винтовую поверхность можно сформировать относительным перемещением окружности и винтовой линии.

Исходя из требований простоты реализации и универсальности, из множества возможных предпочтительны методы формообразования круговых винтовых поверхностей точечным производящим элементом (методы следа и касания). Материальным носителем формы образуемых линий при этих схемах является механика станка, которая должна обеспечивать кинематическое профилирование поверхности в поперечном и продольном направлениях. В рассматриваемом случае обе производящие линии круговой винтовой поверхности (окружность и винтовая линия) создаются кинематически.

Поскольку обе производящие линии (окружность и винтовая линия) образуются методом следа, то круговая винтовая поверхность в целом – методом двойного следа. В качестве режущего инструмента используется токарный резец, которому сообщается возвратно-поступательное движение перпендикулярно оси заготовки и поступательное движение вдоль оси заготовки. Параметры возвратно-поступательного движения резца таковы, что центр образующейся окружности в любой момент времени отстоит от геометрической оси заготовки на величину эксцентриситета профиля e (рисунок 1).

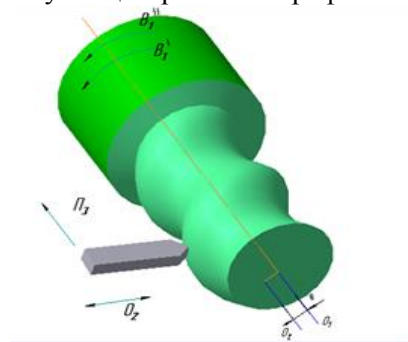


Рисунок 1 – Кинематические схемы обработки круговых винтовых поверхностей на токарно-затыловочном станке

Достоинством этой схемы [3] являются широкая универсальность, так как по ней возможна обработка винтовых поверхностей не только с круглым, но и некруглым профилем (каналовых поверхностей). Ее недостатком является относительно невысокая производительность из-за возвратно-поступательного движения инструмента и связанных с ним динамических нагрузок в станке.

Вторая схема обработки [4] основана на профилировании круговой винтовой поверхности вращательным движением расположенных по окружности производящих точек, диаметр которой равен диаметру производящей окружности этой поверхности, поэтому образующая (окружность) и направляющая (винтовая линия) формируются методом следа.

В качестве режущего инструмента используется резцовая головка (рисунок 2), которой для получения производящей окружности сообщается вращательное движение $V1$ со скоростью резания (простое движение формообразования $\Phi v(V1)$) вокруг собственной гео-

метрической оси, смещенной на величину эксцентриситета e относительно геометрической оси заготовки. Относительное поступательное движение ПЗ инструмента вдоль оси заготовки кинематически связано с вращением В2 заготовки вокруг своей геометрической оси. Сочетанием движений В2 и ПЗ создается винтовое движение подачи $\Phi_s(\text{ПЗ В2})$, необходимое для формирования второй производящей линии поверхности.

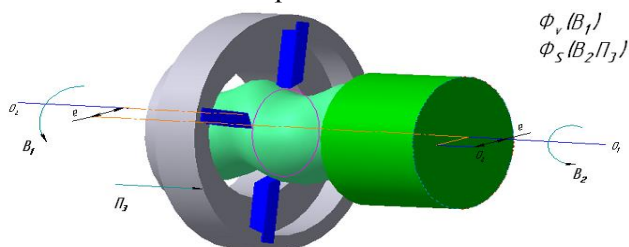


Рисунок 2 – Кинематические схемы обработки круговых винтовых поверхностей с помощью резцовой головки

Существенным преимуществом данной схемы по сравнению с первой являются лучшие условия обработки вследствие исключения возвратно-поступательного движения инструмента. Благодаря этому, а также участию в работе нескольких режущих лезвий повышается производительность обработки.

Рассмотренные выше методы формообразования круговых винтовых поверхностей при обработке роторов винтовых насосов могут быть реализованы как на специально созданных, так и на модернизированных существующих станках иного технологического назначения. Так, метод обработки вращающейся резцовой головкой может быть осуществлен при модернизации выпускаемых отечественной промышленностью станков, имеющих кинематическую структуру, близкую к представленной на рисунке 2.

Технически просто решается задача реализации схемы обработки круговых винтовых поверхностей осциллирующим инструментом на существующем станочном оборудовании иного технологического назначения, в частности, на токарно-затыловочном станке модели 1Б811, одна из частных кинематических структур которого аналогична структуре, представленной на рисунке 2.

Таким образом, представленные выше разработки по реализации принятой схемы формообразования круговых винтовых поверхностей являются основой схмотехнического проектирования станков для обработки круговых винтовых поверхностей, как при создании нового, так и при модернизации существующего оборудования.

Литература

1. Коновалов Е.Г. Основы новых способов металлообработки. – Мн.: Изд-во АН БССР, 1961. – 297 с.
2. Федотенок А.А. Кинематическая структура металлорежущих станков. – М.: Машиностроение, 1970. – 403 с.
3. Данилов В.А., Чепурной А.А. Оптимизация схем формообразования круговых винтовых поверхностей резанием // Вестник Полоцкого государственного университета, серия В «Прикладные науки». – №12. – 2005. – С. 132–135.
4. Ситько Ю.В. Анализ схем формообразования круговых винтовых поверхностей // Труды молодых специалистов Полоцкого государственного университета. Выпуск 31. Промышленность. – 2008 г. – С. 87–90.

Электронное издание

НИРС МСФ-2021

**Сборник материалов
77-й студенческой научно-технической конференции**

Секция «Металлорежущие станки и инструменты»

Машиностроительный факультет

Белорусский национальный технический университет

Компьютерная верстка Л.А.Колесников

E-mail: mstools@bntu.by
<http://www.bntu.by/mstools.html>