

Л. С. Малько, А. В. Сутягин, И. В. Трифанов

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ УСТРОЙСТВА, ИНТЕГРИРОВАННОГО С ТОКАРНО-ВИНТОРЕЗНЫМ СТАНКОМ, ДЛЯ РОТАЦИОННОГО ТОЧЕНИЯ НАРУЖНОЙ ВИНТОВОЙ ПОВЕРХНОСТИ МНОГОЛЕЗВИЙНЫМ ИНСТРУМЕНТОМ*

Показаны конструкторско-технологические особенности устройства для ротационного точения винтовых поверхностей многолезвийным инструментом.

Ключевые слова: ротационное точение, кинематическая схема, винтовая поверхность, шпиндельная головка, механизм круговой подачи.

Способ обработки наружных винтовых поверхностей деталей машин многолезвийным инструментом, в процессе работы которого имеет место качение без скольжения его центроида в форме окружности по центроиде детали в форме прямой линии, имеет ряд преимуществ перед обработкой радиальными фасонными резцами как по производительности процесса, так и по обеспечению качества обработанной поверхности [1; 2]. Однако данный способ обработки винтовых поверхностей деталей в настоящее время, несмотря на его существенные потенциальные преимущества, не нашел широкого применения в металлообработке. Одной из причин такого состояния является отсутствие оборудования, способствующего его использованию в производстве независимо от серийности.

На практике рассматриваемый способ применяется только в условиях крупносерийного производства при нарезании червяков и червячных фрез с модулем до 6 мм на выпускаемом для этих целей специальном станке модели ЕЗ-10А, обеспечивающем нарезание винтовой поверхности на деталях с наибольшей длиной 300 мм с пределами подач суппорта на оборот изделия 0,047...0,159 мм [3]. В основе кинематической структуры данного станка лежит дифференциальная схема.

Также известны конструкции устройств к токарно-винторезным станкам [4; 5], позволяющие вести обработку винтовой поверхности на деталях многолезвийным инструментом указанным выше способом. Однако такие устройства имеют ряд недостатков, из-за которых они не нашли промышленного применения.

Недостатком устройства [4] являются значительные материальные и трудовые затраты на его перенастройку, связанные с необходимостью изготовления нового ходового архимедова винта и червячной шестерни к нему с их последующим монтажом и демонтажом при изменении параметров обрабатываемой винтовой поверхности.

Для устройства [5] необходимо в разовом порядке изготавливать дополнительный ходовой архимедов винт и червячное колесо. Максимальная допустимая продольная подача на этом устройстве составляет 0,4 мм/об.

Кроме того, конструкции данных устройств невозможно интегрировать с токарно-винторезными станками мо-

делей 1М65, 1А660, 1А670, КЖ1Б137Ф2, т. е. они не имеют универсального характера.

Таким образом, для обеспечения широкого внедрения в производство технологии ротационного точения наружной винтовой поверхности деталей машин многолезвийным инструментом, в процессе работы которого имеет место качение без скольжения его центроида в форме окружности по центроиде детали в форме прямой линии, наряду с созданием сугубо специальных станков необходимо осуществлять разработку универсальных устройств для ротационного точения, интегрированных с токарно-винторезными станками [6; 7].

Рассмотрим далее вопросы совершенствования этих устройств.

Анализ конструкций известных устройств, интегрированных с токарно-винторезными станками, позволяет сформулировать следующие основные требования к ним, выполнение которых обеспечит их универсальность и снижение затрат на изготовление:

- конструкция устройства должна исключать необходимость установки дополнительного ходового винта;
- конструкция должна быть универсальной для интегрирования ее со всеми типоразмерами токарно-винторезных станков;
- кинематическая структура токарно-винторезного станка после интегрирования с ним устройства должна быть бездифференциальной. Это позволит сделать кинематическую цепь с более высокой крутильной жесткостью, что обеспечит большую кинематическую точность [3];
- для удобства изготовления и монтажа устройства на токарно-винторезном станке оно должно иметь в своем составе не более трех-четырёх сборочных узлов, например шпиндельную головку, узел для передачи движения пересекающимися валами, механизм круговой подачи;
- в качестве присоединительных поверхностей для монтажа сборочных узлов следует использовать поверхности, не требующие дополнительной механической обработки по плоскости: заднюю стенку передней бабки станка, поверхность установки верхней крышки коробки подач, часть поверхности типа «ласточкин хвост» на продольных салазках станка, поверхность установки резцедержателя на поперечных салазках станка;

* Работа выполнена при финансовой поддержке КГАУ «Красноярский краевой фонд поддержки научной и научно-технической деятельности» (грант № 20 от 26 мая 2010 г.).

– конструкция шпиндельной головки должна обеспечивать возможность перемещения шпиндельного узла с закрепленным на нем инструментом вдоль оси Z . Для выполнения этого условия шпиндель монтируется в гильзе, которая должна направляться цилиндрическим отверстием корпуса и закрепляться в требуемом положении.

С целью проверки возможности выполнения сформулированных выше требований к конструкции рассматриваемого устройства, обеспечивающих его универсальность, а также изучения технологических возможностей ротационного точения наружной винтовой поверхности деталей машин на установке, интегрированной с токарно-винторезным станком 1М65, были проведены экспериментальные исследования и решены следующие задачи:

– разработаны кинематическая схема (рис. 1) и компоновка опытного устройства, интегрированного с токарно-винторезным станком 1М65 (рис. 2);

– разработана конструкторская документация на узлы устройства: шпиндельную головку (рис. 3), конический редуктор (рис. 4), раздаточную коробку (рис. 5), механизм круговой подачи (рис. 6);

– разработаны технологические рекомендации, учитывающие особенности изготовления и монтажа устройства, интегрированного с токарно-винторезным станком модели 1М65;

– изготовлен опытный образец устройства;

– выполнен монтаж изготовленного устройства на токарно-винторезном станке модели 1М65;

– выполнено апробирование опытного образца технологического оснащения (устройства и режущего инструмента) для ротационного точения винтовой поверхности на примере обработки винтовой поверхности конвольютного типа на корпусе червячной фрезы модуля 10 мм.

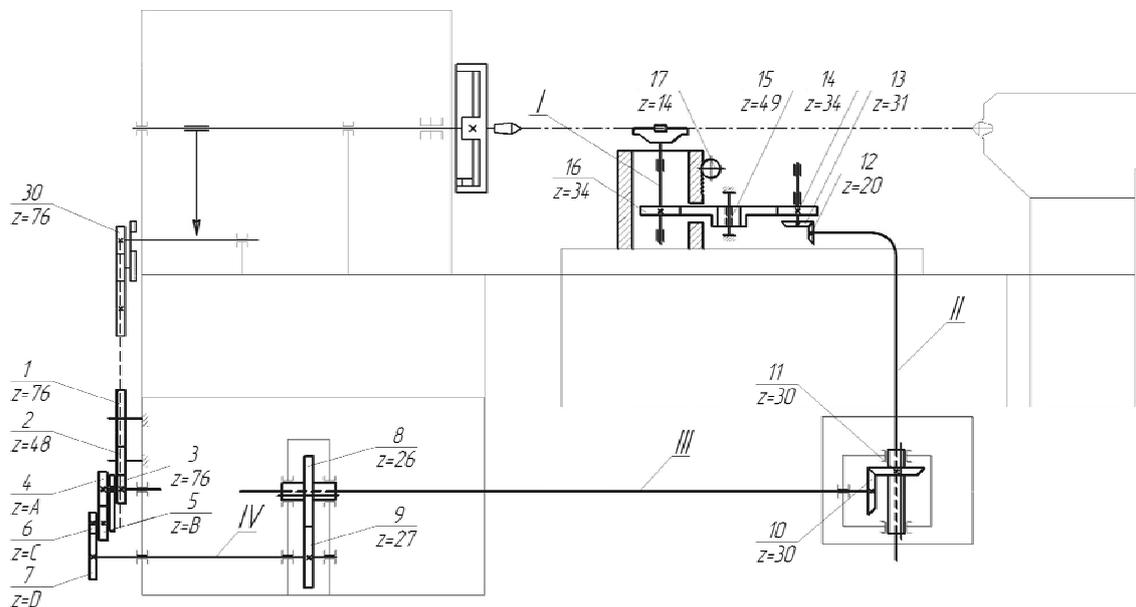


Рис. 1. Кинематическая схема опытного устройства:

1–30 – зубчатые колеса; $z = 14 \dots 76$ – количество зубьев зубчатых колес; I–IV – валы

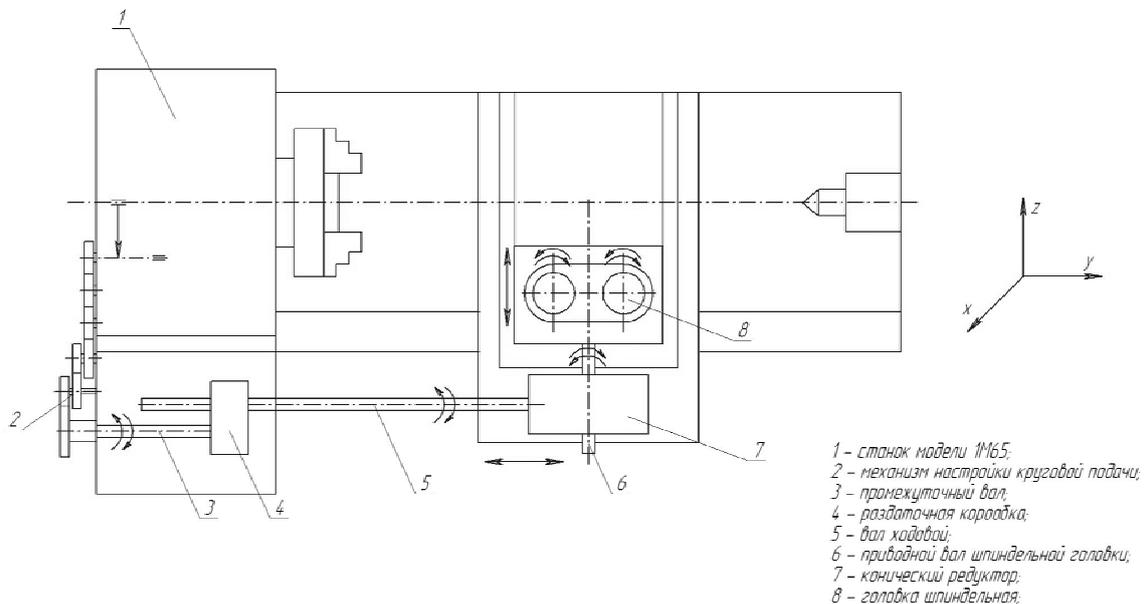


Рис. 2. Схема компоновки устройства, интегрированного с токарно-винторезным станком модели 1М65

Опытное устройство, интегрированное с токарно-винторезным станком 1М65 (рис. 7), содержит шпиндельную головку 5, установленную на поперечных салазках суппорта станка вместо резцедержателя, конический редуктор 6, расположенный на каретке суппорта, раздаточную коробку 3, механизм круговой подачи 9, ходовой вал 4, который одним концом подвижно соединен с раздаточной коробкой 3, а другим концом неподвижно зафиксирован в выходном вале конического редуктора 6. Механизм круговой подачи через промежуточный вал 2 соединен с выходным валом раздаточной коробки 3.

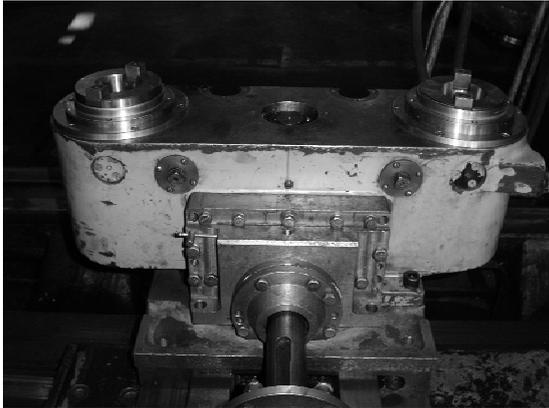


Рис. 3. Корпус двухшпиндельной головки

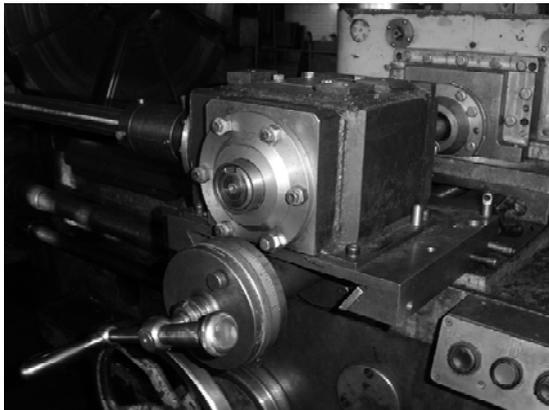


Рис. 4. Конический редуктор

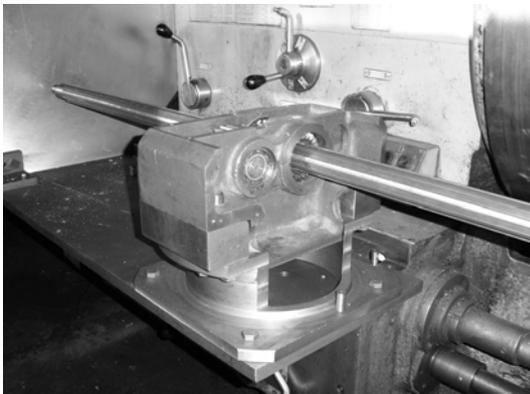


Рис. 5. Раздаточная коробка

В коническом редукторе смонтированы конические шестерни 10, 11, в шпиндельной головке – конические шестерни 12, 13, шпоночный валик II и инструменталь-

ный шпиндель I, на котором закреплен многолезвийный инструмент (см. рис. 1).

Профиль режущих кромок инструмента сопряжен с профилем обрабатываемой винтовой поверхности.

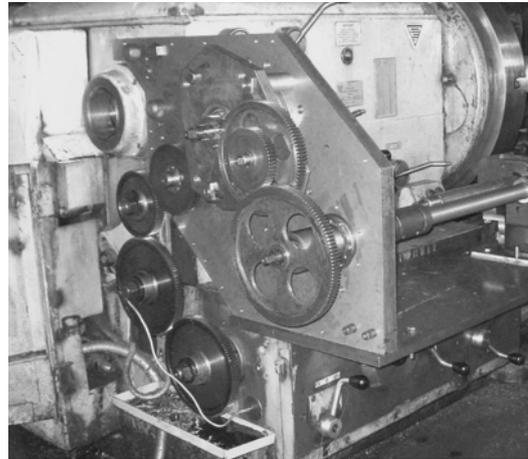


Рис. 6. Механизм круговой подачи

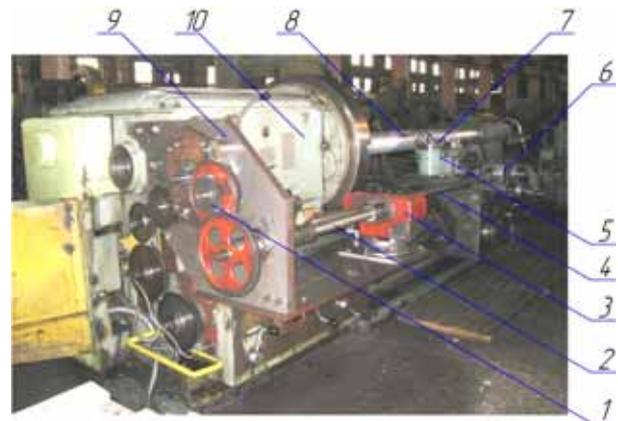


Рис. 7. Общий вид опытного устройства: 1 – гитара сменных зубчатых колес; 2 – вал; 3 – раздаточная коробка; 4 – ходовой вал; 5 – шпиндельная головка; 6 – конический редуктор; 7 – многолезвийный инструмент; 8 – обрабатываемая заготовка; 9 – механизм круговой подачи; 10 – станок 1М65

Коническая шестерня 11 имеет подвижное соединение без вращения со шпоночным валиком II (см. рис. 1), что обеспечивает возможность перемещения шпиндельной головки в направлении, перпендикулярном горизонтальной оси обрабатываемой заготовки. Шпиндель I шпиндельной головки получает вращение от шпинделя станка через постоянные зубчатые колеса 1, 2, 3 и сменные зубчатые колеса 4, 5, 6, 7 гитары механизма круговой подачи, промежуточный вал IV, шестерни 8, 9 раздаточной коробки, ходовой вал III, конические шестерни 10, 11 конического редуктора, вал II, конические шестерни 12, 13, цилиндрические шестерни 14, 15, 16 (см. рис. 1).

Опытное устройство работает следующим образом. Заготовка, на которой необходимо обработать винтовую поверхность, закрепляется в зажимном приспособлении, смонтированном на шпинделе станка, и поджимается центром, установленным в пиноли задней бабки. Исходя из характеристики винтовой поверхности обрабатываемой

мой детали, числа режущих элементов инструмента и выбранной продольной подачи передаточное отношение зубчатых колес гитары определяется по формуле

$$i_x = \frac{n}{K_x \cdot Z_u} \cdot \left(1 \pm \frac{S}{T}\right),$$

где n – число заходов винтовой поверхности; K_x – постоянный коэффициент, характеризующий кинематическую цепь станка; S – продольная подача; T – ход винтовой линии обрабатываемой детали [3]. Знак минус используется при правом направлении винтовой линии, знак плюс – при левом. При наличии реверса в станке знак минус соответствует обоим направлениям винтовой линии. По рассчитанному передаточному отношению производится подбор необходимых сменных зубчатых колес и выполняется настройка гитары.

Расчет настройки гитары механизма круговой подачи был реализован при обработке винтовой поверхности со следующими характеристиками: осевой шаг $T = 70,162$ мм; число заходов $n = 1$; постоянный коэффициент кинематической цепи устройства $k_x = 0,645161$; направление винтовой линии правое; продольная подача $S = 1,25$ мм/об, число режущих элементов инструмента $z = 12$:

$$i_x = \frac{n}{k_x \cdot z} \cdot \left(1 \pm \frac{S}{T}\right) = \frac{1}{0,645161 \cdot 12} \cdot \left(1 - \frac{1,25}{70,160}\right) = 0,131468.$$

По рассчитанному передаточному отношению выполнялся подбор зубчатых колес гитары:

$$\frac{A}{B} \cdot \frac{C}{D} = 0,131468,$$

$$0,131468 = \frac{94}{715},$$

$$\frac{94}{715} = \frac{2 \cdot 47}{5 \cdot 11 \cdot 13},$$

$$\frac{A}{B} \cdot \frac{C}{D} = \frac{32 \cdot 47}{104 \cdot 110}.$$

При помощи коробки подач станка устанавливалась выбранная продольная подача. Затем производилось включение вращения шпинделя станка и продольной подачи с одновременным вращением винта, от которого перемещались поперечные салазки суппорта станка. Шпиндельная головка с инструментом настраивалась на требуемую глубину резания, после чего салазки закреплялись. Дальнейшая обработка винтовой поверхности проводилась при постоянном расстоянии между осями детали и инструмента в автоматическом режиме.

Апробирование опытного образца технологического оснащения (устройства и режущего инструмента) для реализации технологии ротационного точения винтовой поверхности деталей машин проводилось путем обработки деталей с радиусной формой винтовой поверхности и винтовой поверхности, соответствующей профилю конволютного червяка (рис. 8–12).

Режимы обработки: продольная подача $S = 1,25$ мм; скорость резания $V = 26$ м/мин; глубина резания – 3 мм.

Параметры применяемого многолезвийного инструмента: число зубьев – 24; профиль эвольвентный; наружный диаметр – 260 мм; угол наклона зубьев $4^\circ 39'$; режу-

щие элементы изготовлены из быстрорежущей стали Р6М5.



Рис. 8. Ротационная резцовая головка для обработки винтовой поверхности радиусного профиля

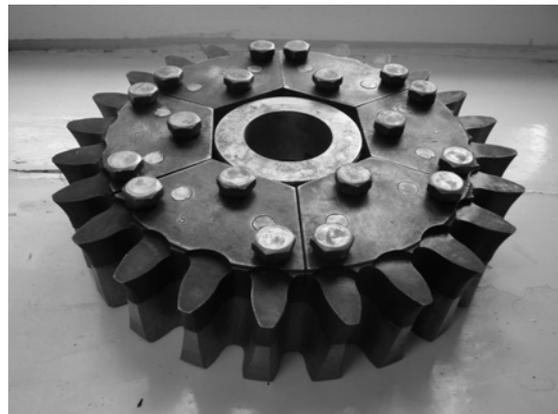


Рис. 9. Ротационная резцовая головка для обработки винтовой поверхности на червячной фрезе конволютного типа

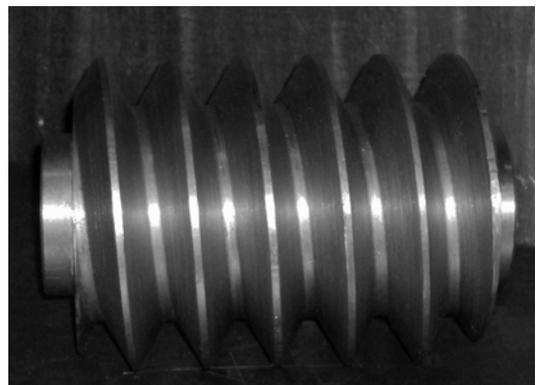


Рис. 10. Корпус червячной фрезы с модулем 10 мм с обработанной винтовой поверхностью конволютного типа

Параметры полученной винтовой поверхности на корпусе червячной фрезы: $m = 10$ мм; глубина винтовой поверхности – 25 мм; осевой шаг $t = 31,5$ мм; максимальная шероховатость $R_z = 80$ мкм; погрешность осевого шага $\pm 0,1$ мм.

При апробировании технологического оснащения (устройства и режущего инструмента) оценивались следующие параметры:

- работоспособность сборочных узлов, режущего инструмента и устройства в целом;
- процесс срезания припуска и вид образующейся при этом стружки;
- особенности формирования профиля винтовой поверхности;
- влияние изменения режимных параметров (скорости и глубины резания и подачи) на работоспособность сборочных узлов и режущего инструмента;
- производительность процесса;
- удобство настройки гитары механизма круговой подачи и управления устройством в целом.



Рис. 11. Стружка, полученная при обработке винтовой поверхности радиусного профиля



Рис. 12. Стружка, полученная при обработке винтовой поверхности конвольютного типа

Обработка винтовой поверхности при апробировании устройства и режущего инструмента проводилась с продольной подачей 1,25 мм/об, что более чем в семь раз превышает возможности по подаче станка ЕЗ-10А (его допустимая подача составляет 0,159 мм/об) и более чем в три раза возможности устройства, описанного в работе [5] (допустимая подача – 0,4 мм/об).

Таким образом, результаты апробирования опытного устройства и режущего инструмента показали следующее:

- доказана работоспособность опытного устройства, интегрированного с токарно-винторезным станком, для ротационного точения наружной винтовой поверхности деталей машин многолезвийным инструментом, разработанного и изготовленного с учетом сформулированных в данной статье требований;
- возможности обеспечения режимных параметров (продольной подачи) изготовленного устройства превышают возможности станка модели ЕЗ-10А более чем в семь раз, а устройства [5] – более чем в три раза;
- разработанная компоновка устройства является универсальной, так как она обеспечивает возможность его интегрирования со всеми типоразмерами универсальных токарно-винторезных станков;
- обеспечивается эффективное дробление стружки без внесения дополнительных изменений в кинематику процесса, что требуется при других способах дробления стружки;
- расширение технологических возможностей универсальных токарно-винторезных станков путем интеграции с ними устройства для ротационного точения является наиболее приемлемым вариантом создания оборудования для реализации технологии ротационного точения винтовой поверхности деталей машин многолезвийным инструментом в условиях единичного и мелкосерийного производства;
- необходима доработка опытной конструкции шпиндельной головки устройства, которая состоит в замене цилиндрических зубчатых колес 14, 15, 16 и конических колес 12, 13 (см. рис. 1) в приводе шпинделя на червячную пару. Такая замена позволит увеличить крутильную жесткость кинематической цепи шпиндельной головки.

Полученные результаты могут быть использованы при разработке опытно-промышленной технологии ротационного точения наружной винтовой поверхности деталей машин многолезвийным инструментом.

Библиографические ссылки

1. Сахаров Г. Н. Проектирование круглых обкаточных резцов // Новое в конструировании металлорежущего инструмента. М. : Машгиз, 1958. С. 7–58.
2. Сахаров Г. Н. Обкаточные инструменты. М. : Машиностроение, 1983.
3. Металлорежущие станки / Н. С. Ачеркан, Л. А. Гаврюшин, В. В. Ермаков и др. М. : Машиностроение, 1965.
4. А. с. 129463 СССР, МКИ В 23 f 3/00, В 23 f 13/00. Приспособление для нарезания червяков обкаткой долбяками на токарных станках / П. И. Журов, Д. В. Оргов. Заявл. 16.11.59 ; опубл. 12.12.60.
5. Цвис Ю. В. Исследование точения по методу обкатки ВНИИ ЦБТИ станкостроения. М., 1950.
6. Пат. 2253545 Российская Федерация, МПК В 23 В 5/48. Устройство к токарному станку для обработки винтовой поверхности / Л. С. Малько. Опубл. 10.06.2005, Бюл. № 16.
7. Малько Л. С. Ротационное точение винтовой поверхности крупногабаритных деталей // СТИН. 2007. № 11. С. 39–40.

L. S. Malko, A. V. Sutyagin, I. V. Trifanov

PERFECTION OF THE DESIGN OF THE DEVICE INTEGRATED WITH THE TOKARNO-SCREW CUTTER, FOR ROTATIONAL TURN EXTERNAL SCREW SURFACE MULTIBLADES TOOL

Konstruktorsko-technological features of the device for rotational turn screw surfaces multiblades tool.

Keywords: rotational turn, the kinematic scheme, a screw surface, spindle a head, the mechanism of circular giving.

© Малько Л. С., Сутягин А. В., Трифанов И. В., 2010

УДК 621.81.004

Л. С. Малько, А. В. Сутягин, И. В. Трифанов

РАЗРАБОТКА МНОГОЛЕЗВИЙНОГО ИНСТРУМЕНТА ДЛЯ РОТАЦИОННОГО ТОЧЕНИЯ ВИНТОВОЙ ПОВЕРХНОСТИ ДЕТАЛЕЙ МАШИН*

Предложена методика разработки многолезвийного инструмента для ротационного точения винтовой поверхности.

Ключевые слова: ротационное точение, многолезвийный инструмент, винтовая поверхность, геометрическая графоаналитическая модель.

Известен способ обработки винтовой поверхности (ВП) деталей винтовых механизмов и инструмента (червячных фрез) многолезвийным инструментом, кинематика формообразования которого характеризуется качением без скольжения центроиды инструмента в форме окружности по центроиде детали в форме прямой линии [1]. Взаимодействие режущего клина инструмента с материалом заготовки осуществляется в виде комбинации движения качения со скольжением, что является характерным признаком ротационного точения.

Для традиционных способов лезвийной обработки это контактное взаимодействие осуществляется в виде скольжения и является постоянным [2]. Одни авторы такой способ обработки ВП называют обработкой обкаточными резцами, акцентируя внимание только на определении профиля инструмента, сопряженного профилю ВП, т. е. на придание ВП требуемой формы. Другие авторы относят его к ротационному точению, учитывая не только характер формообразования ВП, но и характер взаимодействия режущего элемента инструмента с материалом заготовки и его послойное срезание [3; 4].

В данном исследовании будем придерживаться второй точки зрения как наиболее полно отражающей обе функции инструмента – послойное срезание с поверхности припуска и придание ей требуемой формы.

Как отмечено в работе [1], рассматриваемый способ обработки ВП обеспечивает получение поверхностей сложной формы с высокой точностью при большой эффективности, внутреннюю автоматизацию процесса об-

работки, которая осуществляется в полуавтоматическом цикле при непрерывном переходе обработки от одной поверхности детали к другой (например, от одного захода ВП к другому заходу) без необходимости периодического поворота детали, т. е. процесса деления, снижает трудоемкость и способствует уменьшению потребности в станочниках высокой квалификации, так как точность обработки обеспечивается настройкой станка и точностью инструмента.

Однако широкого распространения этот способ обработки ВП в промышленности не нашел. Экспериментальных и практических данных о нем крайне мало. В классической литературе по технологии машиностроения отсутствуют данные о режимах резания, конструкции инструмента и оснастки, не освещены вопросы технологии обработки ВП деталей винтовых механизмов для различных типов производства. Соответственно не разрабатываются и не изготавливаются оборудование, инструмент и оснастка для обработки ВП деталей винтовых механизмов на основе ротационного точения [5]. Практическое использование способа ограничивается только его применением в условиях крупносерийного производства при нарезании червяков и червячных фрез модулем до 6 мм на выпускаемом для этих целей специальном станке модели ЕЗ-10А, обеспечивающем нарезание ВП на деталях с наибольшим диаметром 100 мм и длиной 300 мм, на котором в качестве инструмента используются зуборезные долбяки с эвольвентным профилем, а в основе кинематики лежит дифференциальная структурная схема [6; 7].

* Работа выполнена при финансовой поддержке КГАУ «Красноярский краевой фонд поддержки научной и научно-технической деятельности» (грант № 20 от 26 мая 2010 г.).