

УДК 621.91(076)

*д.т.н. Шаповалов В. И.**(г. Луганск, ЛНР),**к.т.н. Чекалов А. Н.,**Лавренчук К. П.,**Стародубов С. Ю.**(ДонГТУ, г. Алчевск, ЛНР, tmsi-1967@yandex.ru)*

ДОПОЛНИТЕЛЬНОЕ УСТРОЙСТВО ДЛЯ ОБРАБОТКИ ПОВЕРХНОСТЕЙ С РК-ПРОФИЛЕМ В ЦИКЛЕ РАБОТЫ ТОКАРНО-РЕВОЛЬВЕРНЫХ АВТОМАТОВ

Рассмотрена возможность выполнения обработки РК-профильных поверхностей в автоматическом цикле работы токарно-револьверного автомата. Предложена кинематическая схема дополнительного устройства к токарно-револьверному автомату для обработки РК-профильных поверхностей методом точения безвершинным резцом. Дана оценка эффективности применения дополнительного устройства.

Ключевые слова: обработка РК-профиля, токарно-револьверный автомат, дополнительное устройство, кинематическая схема, безвершинный резец.

Проблема и её связь с научными и практическими задачами. Одним из наиболее распространённых видов соединения деталей машин является резьбовое соединение. Оно реализуется крепёжными болтами, винтами, шпильками и т. д. Применяемые крепёжные резьбы обладают свойством самоторможения, но воздействие вибраций и других случайных факторов, сопровождающих процесс эксплуатации машин и механизмов, требует специального законтривания резьбовых соединений. Для обеспечения стабильности затяжки резьбы применяют соединения с большим упругим удлинением или вводят в конструкцию специальные упругие элементы и т. д.

Во многих отраслях промышленности всё более широкое распространение получают РК-профильные резьбовые самоконтрящиеся соединения [1]. Их использование обеспечивает повышенную точность центрирования, прочность и надёжность при воздействии вибраций. В связи с этим задача разработки способов эффективного изготовления крепёжных деталей, имеющих резьбу в форме равноосного контура (РК), является актуальной.

Постановка задачи. Машиностроительные предприятия бывшего СССР располагают значительным парком металлообрабатывающих станков как с ручным управлением, так и с жёсткой автоматизацией, в частности, токарно-револьверных автоматов (ТРА). В настоящее время вследствие расширения номенклатуры изготавливаемых изделий оборудование с жёсткой автоматизацией, как правило, мало загружено. В то же время на ТРА возможно изготовление многих видов точных крепёжных резьбовых самоконтрящихся и самотормозящихся винтов с РК-профилем. Совмещение при обработке на ТРА переходов точения, получения РК-профильной поверхности и нарезания резьбы позволит повысить производительность и снизить себестоимость механической обработки за счёт уменьшения вспомогательного времени, сократить потребность предприятия в специальном оборудовании для обработки РК-профиля и высококвалифицированных рабочих кадрах, обеспечить точность изделия благодаря точению РК-профиля и нарезанию резьбы с одной установки.

В связи с этим **целью** настоящей работы явилась разработка дополнительного уст-

ройства к ТРА, обеспечивающего возможность обработки РК-профильных поверхностей в общем цикле работы станка.

Объект исследования — устройство для обработки РК-профильной поверхности в общем цикле работы ТРА.

Предмет исследования — закономерности движений исполнительных органов ТРА при обработке РК-профильной поверхности в общем цикле работы ТРА.

Задачи исследования:

– выбрать наиболее оптимальный для реализации на ТРА метод обработки РК-профильных поверхностей;

– разработать принцип действия и кинематическую схему устройства для обеспечения реализации выбранного метода в цикле работы ТРА;

– оценить эффективность предложенного дополнительного устройства для обработки РК-профильных поверхностей в цикле работы ТРА.

Методика исследования. Исследование возможности обработки РК-профильных поверхностей в общем цикле работы ТРА проводилось на базовой модели автомата токарно-револьверного одношпиндельного пруткового 1В116 производства Мелитопольского станкостроительного завода им. 23 Октября (1990 года выпуска). Технические характеристики ТРА модели 1В116 [2], участвующие в решении поставленных задач:

– диапазон регулирования привода главного движения: $63 \dots 6300 \text{ мин}^{-1}$;

– пределы времени одного оборота распределительных валов: $4,5 \dots 570 \text{ с.}$;

– пределы диаметров нарезаемых резьб (плашкой по стали): М5...М14.

Изложение материала и его результаты. Как показано в [3], при обработке РК-профиля наиболее простая конструкция дополнительного устройства получается в случае применения однокоординатного перемещения инструмента относительно обрабатываемой поверхности. Для реализации этого метода необходимо, чтобы режущий инструмент обеспечивал получение линии, касательной к обрабатываемому профилю. При обработке на ТРА это можно обеспечить фрезерованием торцом или боковой поверхностью фрезы либо точением безвершинным резцом.

Предварительный анализ затрат времени на обработку РК-профильных поверхностей различными способами фрезерования показал, что даже в случае применения твёрдосплавных концевых фрез невозможно использовать главный привод самого станка без расширения его диапазона регулирования в сторону уменьшения частот вращения шпинделя, а также включить обработку РК-профиля в цикл работы ТРА из-за большой длительности обработки профиля.

Перспективным способом чистовой механической обработки валов, в том числе и с РК-профильными поверхностями, является косоугольное точение прямолинейным безвершинным резцом. Схема данного процесса приведена на рисунке 1.

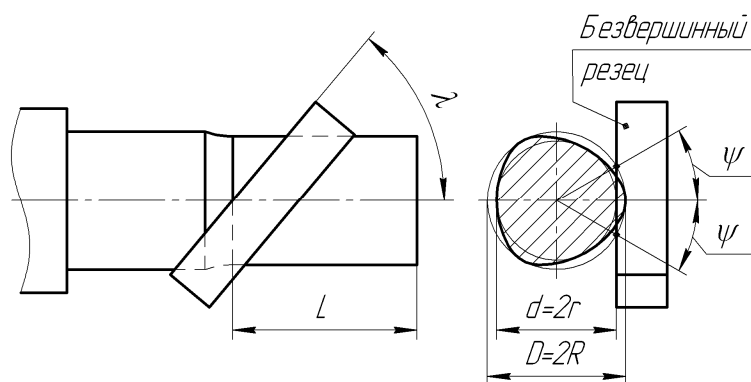


Рисунок 1. Схема косоугольного резания безвершинным резцом

При обработке на ТРА необходимо учитывать особенности косоугольного резания и определить допустимые условия, обеспечивающие обработку [4, 5].

Глубина резания при косоугольном точении непостоянна и изменяется по длине режущей кромки. Максимальное значение глубины резания определяется по формуле

$$t_{\max} = R \cdot (1 - \cos \psi_{\max}), \quad (1)$$

где R — наибольший радиус обрабатываемой поверхности, мм; ψ_{\max} — статический угол наклона основной плоскости в точке касания.

Из выражения (1) следует, что при известных значениях наибольшего радиуса обрабатываемой заготовки и максимальной глубины резания статический угол наклона основной плоскости в точке касания может быть определён по формуле

$$\psi_{\max} = \arccos\left(\frac{R - t_{\max}}{R}\right). \quad (2)$$

Наибольшая длина касательной при глубине резания, равной двум эксцентриситетам:

$$H = 4 \cdot \sqrt{e \cdot (R - e)}, \quad (3)$$

где e — эксцентриситет, мм.

Величина эксцентриситета определяется из зависимости

$$e = \frac{R}{16}. \quad (4)$$

Наибольшая длина режущей кромки:

$$B = \frac{\sqrt{R^2 - r^2}}{\sin \lambda}, \quad (5)$$

где r — наименьший радиус обрабатываемой поверхности, мм; λ — угол наклона режущего лезвия.

Основное время обработки определяется по известной формуле:

$$T_o = \frac{L + y}{S_o \cdot n} \cdot i, \quad (6)$$

где L — длина участка РК-профиля, мм; y — величина врезания и перебега, мм; S_o — осевая подача, мм/об; n — частота вращения шпинделя с заготовкой, мин^{-1} ; i — число проходов.

Расчёт параметров процесса косоугольного точения безвершинным резцом выполнен для случая обработки РК-профильной поверхности длиной $L = 30$ мм под резьбу М14, нарезаемую плашкой на заготовке из конструкционной стали. Получены следующие значения параметров:

– наибольший радиус обрабатываемой поверхности: $R = 7$ мм;

– эксцентриситет: $e = 0,44$ мм;

– наименьший радиус обрабатываемой поверхности: $r = 6,12$ мм;

– максимальная глубина резания:

$t_{\max} = 0,88$ мм;

– статический угол наклона основной плоскости в точке касания: $\psi_{\max} = 29^\circ$;

– наибольшая длина касательной при глубине резания, равной двум эксцентриситетам: $H = 6,796$ мм;

– наибольшая длина режущей кромки (при $\lambda = 45^\circ$): $B = 4,81$ мм.

При однопроходной обработке рассматриваемого участка РК-профиля с подачей $S_o = 0,1$ мм/об и частотой вращения шпинделя $n = 630$ мин^{-1} (скорость резания $V = 27,7$ м/мин) основное технологическое время составит $T_o = 0,52$ мин или 31,4 с. (величина врезания и перебега $y = 3$ мм). Таким образом, основное время, затрачиваемое на обработку РК-профильного участка вала методом косоугольного резания, позволяет встроить данную операцию в цикл работы ТРА.

На рисунке 2 показан вариант кинематической схемы дополнительного устройства к станку 1В116, предназначенного для косоугольного точения безвершинным резцом наружных поверхностей с РК-профилем.

Устройство позволяет согласовать вращение шпинделя изделия и возвратно-поступательное движение инструмента — безвершинного тангенциального резца.

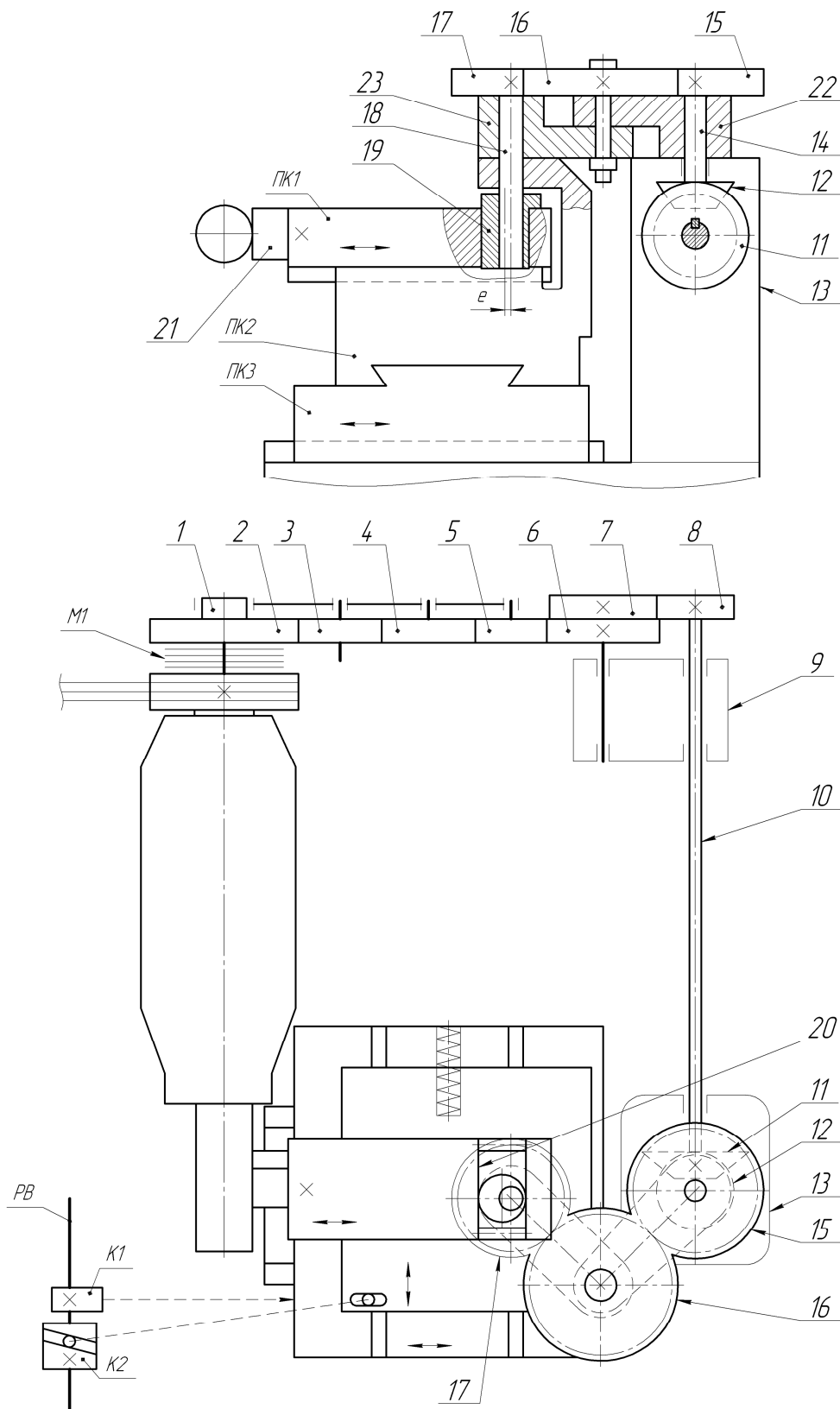


Рисунок 2 Кинематическая схема дополнительного устройства к ТРА для обработки наружных РК-профильных поверхностей методом косоугольного точения безвершинным резцом

При включении муфты М1 движение от установленной на конце шпинделя 1 шестерни 2 через зубчатые колёса 2–3–4–5 передаётся на расположенное в корпусе редуктора 9 зубчатое колесо 6. Колесо 6 через сменные колёса 7 и 8, вал 10, коническую пару 11–12, расположенную в стойке 13, вращает вертикальный вал 14 и закреплённое на нём цилиндрическое зубчатое колесо 15.

Далее движение передаётся через механизм пантографного типа, состоящий из двух поворотных кронштейнов 22, 23 и цилиндрического зубчатого колеса 16, закреплённого на оси, расположенной в отверстиях кронштейнов 22 и 23. Колесо 16 зацепляется с колёсами 15 и 17. Колесо 17 и кулачок 19 закреплены на оси 18, которая, в свою очередь, установлена в кронштейне промежуточной каретки ПК2. Промежуточная каретка ПК2 установлена на продольных направляющих нижней поперечной каретки ПК3. В свою очередь, по направляющим промежуточной каретки ПК2 перпендикулярно оси обрабатываемой заготовки движется верхняя инструментальная каретка ПК1, несущая безвершинный резец 21.

При вращении кулачка 19 кулисный механизм 20 сообщает каретке ПК1 возвратно-поступательное движение с числом двойных ходов, превышающим число оборотов шпинделя в N раз, где N — число граней участка вала с равноосным контуром.

Для обеспечения возможности перемещения резца 21 одновременно по двум координатам использован механизм пантографного типа, в котором ось промежуточного зубчатого колеса 16 установлена в отверстиях двух плит, имеющих возможность поворота соответственно вокруг осей зубчатых колёс 15 и 17. Исходное положение осей колёс 15, 16 и 17 выбирается из условия свободного поворота кронштейнов 22 и 23. Настройка эксцентриситета кулачкового привода обеспечивает требуемую величину эксцентриситета РК-профиля.

В исходном положении инструмент находится на наибольшем необходимом удалении от заготовки.

Управление циклом движений инструмента осуществляется при помощи кулачков К1 и К2. При вращении распределительного вала (РВ) кулачок К1 смещает каретку ПК3 в поперечном направлении и осуществляет подвод инструмента в начальную точку. После этого цилиндрический кулачок К2 обеспечивает подвод и рабочую подачу инструмента вдоль оси детали до конечной точки. Затем кулачок К1 и пружина отводят каретку ПК3 на меньшее расстояние от обрабатываемой поверхности, а кулачок К2 на ускоренном ходу возвращает каретки ПК2 и ПК1 с инструментом в начальную точку. После этого при однопроходном точении пружина в соответствии с формой поверхности холостого хода кулачка К1 обеспечивает ускоренный возврат каретки ПК3 в исходную точку.

При необходимости устройство может быть использовано для многопроходной обработки. Для этого профиль рабочей поверхности кулачка К2 выполняется такой формы, чтобы после первого прохода и возврата в начальную точку кулачок К1 обеспечивал врезание инструмента на глубину второго прохода, кулачок К2 — подачу вдоль оси до конечной точки, а затем — отвод резца в начальную точку. При необходимости следующих проходов цикл повторяется. Если обработка закончена, кулачок К1 и пружина возврата обеспечивают перемещение всех кареток в исходное положение. Муфта М1 отключает связь колеса 2 со шпинделем и станок продолжает выполнение других переходов, предусмотренных наладкой.

Для изготовления самоконтрающихся винтов после обработки РК-профильной поверхности на ней нарезают резьбу плашкой, установленной в державке револьверной головки.

С учётом относительно небольшой величины эксцентриситета и малой массы каретки К1 число поперечных ходов резца может быть значительным. Ограничением является жёсткость и виброустойчивость станка. Для повышения жёсткости технологической системы одно из гнезд револь-

верной головки может быть использовано для установки поддерживающего центра.

Устанавливается приспособление на площадку, предусмотренную для привода дополнительных устоев ТРА, а устройство для получения РК-профиля располагается на заднем суппорте.

Выводы и направление дальнейших исследований. Разработанное дополнительное устройство для ТРА позволяет встраивать операцию обработки РК-профильных поверхностей в непрерывный цикл работы станка, обеспечивает требуемую согласованную последовательность и величину перемещений режущего инструмента — безвершинного тангенциального резца.

Предложенный механизм имеет следующие преимущества:

1. Обеспечивает обработку РК-профилей в общем цикле ТРА.

2. Не требует отдельного электродвигателя, т. к. работает от привода станка.

3. Передача возвратно-поступательного движения от входного вала 10 через пан-

тографное устройство и кулисный механизм непосредственно на верхнюю инструментальную каретку ПК1, минуя промежуточные каретки ПК2 и ПК3, способствует уменьшению числа промежуточных сопряжений и, как следствие, повышению жёсткости технологической системы, что, в свою очередь, позволяет повысить производительность обработки.

4. Применение пантографного механизма позволяет обеспечить более высокую точность и жёсткость за счёт замены поступательно движущихся элементов на поворотные.

5. Возможность попеременного или одновременного движения кареток ПК2 и ПК3 при любом соотношении их скоростей и длин ходов в пределах, допускаемых размерами конструкции, позволяет получить любую требуемую траекторию движения инструмента за счёт соответствующего профилирования кулачков.

Библиографический список

1. Тимченко, А. И. Самоконтрящиеся резьбовые соединения с РК-профилем и технология их изготовления [Текст] / А. И. Тимченко // Вестник машиностроения. — 1990. — № 2 — С. 51–53.

2. 1В116П.0.00.000РЭ Автоматы токарно-револьверные одношпиндельные прутковые моделей 1В116П, 1В116 : руководство по эксплуатации [Текст] / Мелитопольский станкостроительный завод имени 23 октября. — Запорожье : Облполиграфиздат, 1988. — 105 с.

3. А. с. 655117 СССР, МПК³ В 23 В 1/00. Способ обработки валов / А. И. Тимченко, А. А. Панов, Л. Л. Тимченко ; заявители Коммунарский горно-металлургический институт, Московский станкоинструментальный институт. — № 2368026/25-08 ; заявл. 03.06.76 ; опубл. 23.06.81, Бюл. № 23. — 2 с. : ил.

4. Петрушин, С. И. Анализ геометрии косоугольного обтачивания безвершинными резцами [Текст] / С. И. Петрушин, А. В. Филиппов // Обработка металлов (технология, оборудование, инструменты). — 2013. — № 2 (59). — С. 8–13.

5. Филиппов, А. В. К расчёту «допустимой» геометрии при безвершинном косоугольном точении / А. В. Филиппов // Современные проблемы науки и образования. — 2013. — № 5. — [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://www.science-education.ru/ru/article/view?id=10066> (03.11.19).

© Шаповалов В. И.

© Чекалов А. Н.

© Лавренчук К. П.

© Стародубов С. Ю.

Рекомендована к печати д.т.н., проф. каф. ММК ДонГТУ Харламовым Ю. А., д.т.н., проф., зав. каф. ТМ и ИК ЛНУ им. В. Даля Витренко В. А.

Статья поступила в редакцию 05.11.19.

д.т.н. Шаповалов В. І. (м. Луганськ, ЛНР), к.т.н. Чекалов О. М., Лавренчук К. П., Стародубов С. Ю. (ДонДТУ, м. Алчевськ, ЛНР, tmsi-1967@yandex.ru)

ДОДАТКОВИЙ ПРИСТРІЙ ДЛЯ ОБРОБКИ ПОВЕРХОНЬ З РК-ПРОФІЛЕМ У ЦИКЛІ РОБОТИ ТОКАРНО-РЕВОЛЬВЕРНИХ АВТОМАТІВ

Розглянуто можливість виконання обробки РК-профільних поверхонь в автоматичному циклі роботи токарно-револьверного автомата. Запропоновано кінематичну схему додаткового пристрою до токарно-револьверного автомата для обробки РК-профільних поверхонь методом точіння безвершинним різцем. Дано оцінку ефективності застосування додаткового пристрою.

Ключові слова: обробка РК-профілю, токарно-револьверний автомат, додатковий пристрій, кінематична схема, безвершинний різець.

Doctor of Technical Sciences Shapovalov V. I. (Lugansk, LPR), PhD in Engineering Chekalov A. N., Lavrenchuk K. P., Starodubov S. Yu. (DonSTU, Alchevsk, LPR, tmsi-1967@yandex.ru)

ADD-ON DEVICE FOR SURFACE TREATMENT WITH EC-PROFILE IN THE CYCLE OF AUTOMATIC TURRET LATHES

The possibility of processing of EC-profile surfaces in automatic cycle of the automatic turret lathe is considered. The kinematic scheme of the add-on device to the automatic turret lathe for processing of EC-profile surfaces by turning with a peakless cutter is offered. The assessment of the efficiency of using the add-on device is given.

Key words: processing of EC-profile, automatic turret lathe, add-on device, kinematic scheme, peakless cutter.