

УДК 621.91(076)

*к.т.н. Мосягин Н. А.,
к.т.н. Чекалов А. Н.,
Ткачева Е. С.,
Мосягин Н. А.
(ДонГТУ, г. Алчевск, ЛНР)*

ОБРАБОТКА ДЕТАЛЕЙ С ЗУБЧАТЫМИ ВЕНЦАМИ НА ТОКАРНО-РЕВОЛЬВЕРНЫХ АВТОМАТАХ

Рассмотрена возможность выполнения обработки зубчатых венцов в автоматическом цикле работы токарно-револьверного автомата (ТРА). Предложены схемы дополнительных устройств к ТРА для обработки червячных и узких зубчатых венцов методом радиального врезания, а также для нарезания широких венцов с радиальным врезанием и осевой подачей. Дана оценка эффективности методов зубонарезания.

Ключевые слова: *зубообработка, мелкомодульные зубчатые колеса, дополнительное приспособление, устройство, кинематическая схема.*

Дополнительные устройства и приспособления позволяют существенно расширить технологические возможности токарно-револьверных автоматов.

При помощи дополнительных устройств можно производить фрезерование резьб и пазов, обточку многогранников, обрабатывать конические поверхности, поверхности за буртом и многое другое. Это позволяет обрабатывать более сложные детали, обеспечить концентрацию на одном рабочем месте большего количества операций.

Однако даже такое большое разнообразие устройств не позволяет полностью охватить все возможные варианты выполняемых операций механической обработки на ТРА, поэтому вопрос о разработке новых приспособлений для данного типа станков остается актуальным.

Одним из перспективных направлений является разработка устройств, позволяющих обеспечить нарезание зубчатых венцов в цикле работы ТРА.

Изготовление деталей, имеющих в своей конструкции зубчатые венцы, часто производится на ТРА, но обработка зубьев производится на специальных зуборезных станках. Совмещение при обработке на ТРА токарной и зуборезной операций позволит: повысить производительность и снизить себестоимость механической обработки за счет уменьшения вспомогательного времени; сократить требуемое оборудование и

рабочих; снизить затраты на изготовление за счет исключения необходимости специального зуборезного оборудования и приспособлений для установки заготовок на зуборезных станках; повысить точность изделия, так как исключается смена баз при переустановке и создается возможность нарезания зубьев на более жесткой заготовке до окончательной токарной обработки в оптимальной последовательности.

Имеются сведения о зубофрезерных приспособлениях для автоматов продольного точения, на которых возможна обработка только достаточно простых деталей. Аналогичные приспособления, предназначенные для ТРА, имеют сложную конструкцию, малую жесткость вследствие большого количества податливых соединений и низкую точность из-за дополнительных погрешностей, вызванных наличием шарнирно-телескопического вала [1].

Мелкомодульные зубчатые колеса, в том числе трибы, получили широкое распространение в приборостроении, различных точных механизмах [2].

Основные параметры и размеры прямозубых и косозубых зубчатых колес для передач внешнего эвольвентного зацепления с модулями 0,15...0,8 мм регламентируются ГОСТ 13733-77 (табл. 1). Соотношение ширины венца и модуля рекомендуется в диапазоне 2...15.

Таблица 1

Зависимость ширины венца b от модуля m

Модуль, m	Регламентируемая ширина венца b/m
0,15	0,3; 0,4; 0,5; 0,6; 0,8; 1,0;
0,20	0,5; 0,6; 0,8; 1,0; 1,2; 1,5; 1,6; 2,0; 2,5; 3,0;
0,25	0,6; 0,8; 1,0; 1,2; 1,5; 1,6; 2,0; 2,5; 3,0; 3,6; 4,0;
0,30	0,6; 0,8; 1,0; 1,2; 1,5; 1,6; 2,0; 2,5; 3,0; 3,6; 4,0; 4,5; 5,0
0,40	1,0; 1,2; 1,5; 1,6; 2,0; 2,5; 3,0; 3,6; 4,0; 4,5; 5,0; 6,0
0,50	1,0; 1,2; 1,5; 1,6; 2,0; 2,5; 3,0; 3,6; 4,0; 4,5; 5,0; 6,0; 7,0; 8,0
0,60	1,2; 1,5; 1,6; 2,0; 2,5; 3,0; 3,6; 4,0; 4,5; 5,0; 6,0; 7,0; 8,0; 10,0; 12,0
0,70	1,5; 1,6; 2,0; 2,5; 3,0; 3,6; 4,0; 4,5; 5,0; 6,0; 7,0; 8,0; 10,0; 12,0
0,80	1,5; 1,6; 2,0; 2,5; 3,0; 3,6; 4,0; 4,5; 5,0; 6,0; 7,0; 8,0; 10,0; 12,0

Согласно рекомендациям, наиболее эффективным при нарезании мелко модульных зубчатых колес является зубофрезерование червячной модульной фрезой.

При фрезеровании червячной фрезой зубчатых колес с небольшой шириной венца методом обкатки нарезание зубьев возможно методом врезания без осевой подачи фрезы относительно заготовки. Это существенно сокращает время, упрощает цикл обработки и конструкцию приспособления. Наибольшая допустимая ширина венца колеса может быть найдена из схемы на рисунке 1.

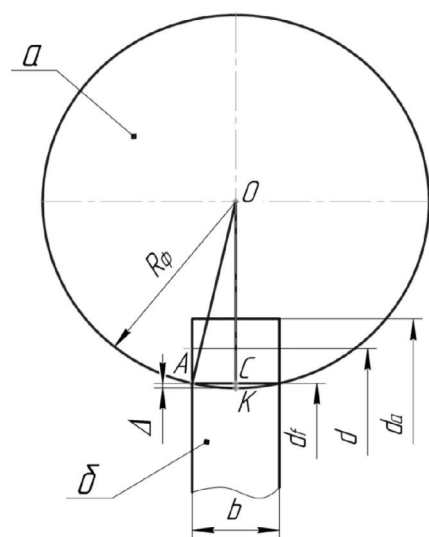


Рисунок 1 Схема расчета допустимой ширины b зубчатого венца

Как видно из рисунка 1, допустимая ширина b зубчатого венца зависит от диа-

метра D_ϕ (радиуса R_ϕ) фрезы и погрешности Δ профиля впадины зуба колеса:

$$b = 2\sqrt{R_\phi^2 + (R_\phi - \Delta)^2}.$$

В таблице 2 показаны предельные (наибольшие допустимые) значения ширины зубчатого венца при обработке стандартными мелко модульными червячными фрезами.

Как видно из таблицы 2, для большей части колес полученные значения ширины зубчатых венцов позволяют ограничиться их обработкой только за счет подачи на врезание без осуществления осевого перемещения.

Применение схемы обработки только за счет радиального врезания позволит упростить конструкцию приспособления, повысить его жесткость и точность, производительность зубообработки, обеспечит возможность встраивания процесса зубофрезерования в автоматический цикл работы ТРА, врезание без осуществления осевого перемещения.

Устройство может быть выполнено на базе типовой конструкции привода дополнительных устройств ТРА, который устанавливается на задней площадке станины станка. Принципиальная схема приспособления, предназначенного для нарезания цилиндрических и червячных колес методом радиальной подачи, изображена на рисунке 2.

Таблица 2

Зависимость ширины венца b от модуля m и диаметра фрезы при полной высоте зуба $h = 2,25m$ (погрешность профиля впадины $\Delta = 0,25m$)

№	Фреза	диаметр фрезы	Предельная расчетная ширина венца b		
			Модуль, m	$\Delta = 0,25m$	$b = 2\sqrt{R_\phi^2 + (R_\phi - \Delta)^2}$
1	ГОСТ 9324-80	63	1,5	0,375	9,6
2			2	0,5	11,2
3		50	1	0,25	7
4			1,375	0,34375	8,3
5	10331-81	40	0,5	0,125	4,5
6			0,9	0,225	6
7		32	0,15	0,0375	2,2
8			0,9	0,005	5,4
9		25	0,15	0,0375	2
10			0,5	0,125	3,5

При наладке необходимо обеспечить требуемый угол поворота фрезерной головки и обеспечить согласованное вращение обрабатываемой заготовки и фрезы из условия:

$$1 \text{ об. загот.} \times i_{\text{II}} \times i_x \times i_v = (Z/K) \text{ об. фрезы,}$$

где i_{II} – передаточные отношения всех постоянных передач;

i_x – передаточное отношение гитары обката;

i_v – передаточное отношение гитары скорости резания;

Z и K – соответственно число зубьев колеса и заходов фрезы.

Приспособление устанавливается на площадку, предусмотренную для привода дополнительных устройств, а зубофрезерное устройство располагается на заднем суппорте.

Приспособление позволяет обеспечить согласованное вращение шпинделя изделия и инструмента с червячной модульной фрезой, которая устанавливается в шпинделе зубофрезерного устройства.

Движение от электродвигателя 1 через ременную передачу 2 передается на конические колеса 3 и 4, откуда по одной ветви попадает на гитару обката i_x , и, при включении двухсторонней муфты M влево, через червя 5 и червячное колесо 6 вращение поступает на шпиндель. При этом связь с коробкой скоростей ТРА разрывается.

По второй ветви вращение подается на гитару скорости резания i_v , откуда, через вал 7 идет на конические шестерни 8 и 9, расположенные в неподвижной стойке. Далее движение передается через вал 10 на конические шестерни 11 и 12, расположенные в корпусе поперечной каретки (ПК), и через передачу i_o на шпиндель 13 с закрепленной на нем червячной фрезой 14. Соединение вала 10 и шестерни 11 является подвижным в осевом направлении. Это позволяет каретке ПК двигаться в радиальном относительно обрабатываемой заготовки направлении.

Для установки требуемого угла наклона фрезы предусмотрена возможность поворота фрезерной головки вокруг оси вала 10.

Радиальное движение ПК осуществляется при помощи расположенного на распределительном валу станка кулачка. Такое решение позволяет встраивать операцию зубофрезерования в непрерывный цикл работы станка и обеспечить требуемую согласованную последовательность и величину перемещений рабочего инструмента (червячной фрезы).

При соответствующей наладке приспособление позволяет производить нарезание червячных модульных зубчатых колес методом радиального врезания.

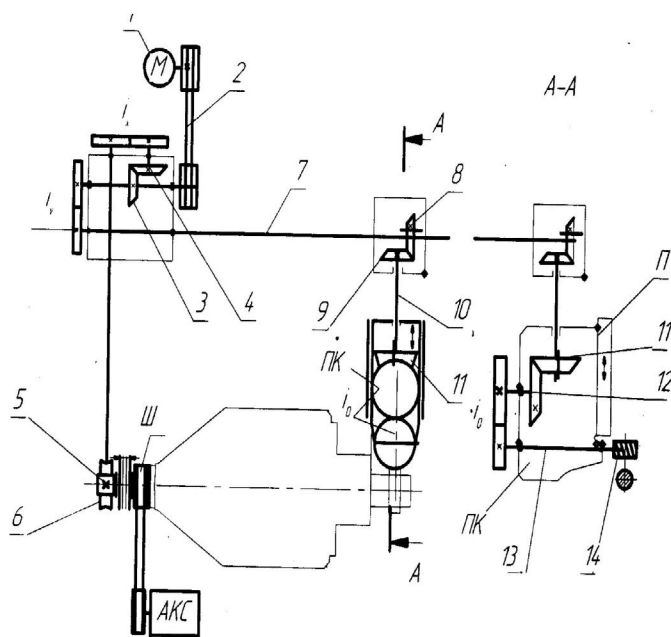


Рисунок 2 Кинематическая схема зубофрезерного устройства

Для обработки зубьев колес с широким венцом возникает необходимость применения радиального врезания и осевой подачи.

На рисунке 3 показана кинематическая схема зубофрезерного приспособления, предназначенного для нарезания цилиндрических зубчатых колес с осевой подачей, а также червячных колес методом радиального врезания.

Как видно из рисунка, движение от электродвигателя 1 через конические колеса 2 и 3, гитары скорости резания i_v , конические шестерни 4 и 5 подается на выходной вал 6. Второй выходной вал 7 передает движение от гитары обката i_x на червяк 8 и червячное колесо 9, которое установлено на шпинделе станка. При включении шкив «Ш», обеспечивающий вращение шпинделя станка от его коробки скоростей, отключается, а червячное колесо 9 соединяется со шпинделем и обеспечивает его вращение от электродвигателя 1.

Входной вал 6 передает движение на конические шестерни 11 и 12, расположенные в неподвижной стойке 13. Далее дви-

жение передается через вал 14 на конические шестерни 18 и 19, расположенные в корпусе поперечной каретки 16. Соединение вала 14 и шестерни 18 является подвижным в осевом направлении, что позволяет каретке 16 двигаться в радиальном направлении относительно обрабатываемой заготовки станка, операция зубофрезерования встраивается в автоматический цикл. По команде муфта М1 соединяет червячное колесо 9 со шпинделем станка и отключает шкив Ш и передачу движения на шпиндель станка от автоматической коробки скоростей (АКС). От двигателя 1 движение идет как на шпиндель станка с заготовкой, так и на шпиндель с червячной фрезой, обеспечивая за счет настройки гитар их согласованное движение (обкат). Предусмотрена возможность поворота фрезерной головки 30.

Для обеспечения возможности перемещения инструмента, как в поперечном, так и в продольном направлении предусмотрена расположенная на направляющих каретки 16 продольная каретка 17, несущая шпиндель с инструментом.

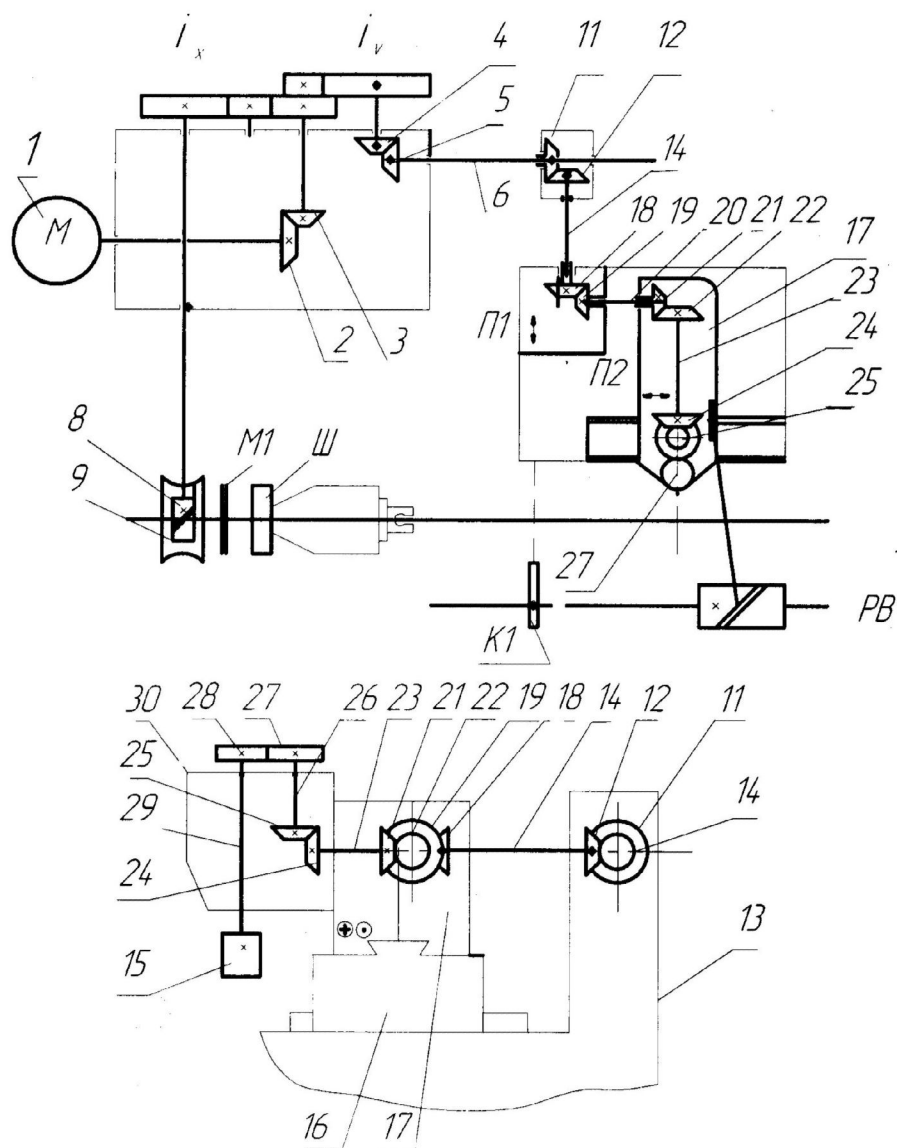


Рисунок 3 Кинематическая схема приспособления для зубофрезерования цилиндрических колес

От колеса 19 при помощи вала 20 движение передается на коническое колесо 21, расположенное в корпусе продольной каретки 17. Соединение вала 20 и колеса 21 выполнено подвижным в осевом направлении, что позволяет передавать вращение колесу 21 при продольном (осевом) движении каретки 17. От колеса 21 через коническую шестерню 22, вал 23, конические колеса 24 и 25, вал 26, цилиндрические колеса 27 и 28 вращение передается шпинделю 29 и закрепленной на нем фрезе 15. Для установки

требуемого угла наклона фрезы предусмотрена возможность поворота фрезерной головки 30 вокруг оси вала 23.

Приспособление устанавливается на задней площадке станины станка, а зубофрезерная головка – на заднем поперечном суппорте. В соответствии с параметрами обрабатываемого зубчатого колеса и расчетным значением скорости резания производится настройка гитары скорости i_x в последовательности, предусмотренной при наладке.

После нарезания зубьев фрезерный суппорт отводится в исходное положение, а муфта М разрывает связь с червячным колесом 9, соединяет шкив Ш со шпинделем станка, обеспечивая его вращение от АКС и продолжение цикла работы станка.

Поперечное (радиальное) движение П1 поперечной каретки 16 осуществляется при помощи расположенного на распределительном валу станка кулачка К1, а продольное (осевое) перемещение фрезерного

(инструментального) суппорта 17 – от цилиндрического кулачка К2, расположенного на том же распределительном валу (РВ). Такое решение позволяет встраивать операцию зубофрезерования в непрерывный цикл работы станка, обеспечить требуемую согласованную последовательность и величину перемещений рабочего инструмента (червячной фрезы) относительно заготовки.

Библиографический список

1. Бараболя, С. Я. Специальные токарно-револьверные автоматы [Текст] : справочник конструктора-приборостроителя / С. Я. Бараболя, Ч. Я. Лев, Р. А. Астафьев // Технология и организация производства. — 1981. — С. 14–16.
2. Детали и механизмы приборов [Текст] / В. Л. Соломахо, Р. И. Томиллин, Б. В. Цитович, Л. Г. Юдовин. — Минск : Вышэйшая шк., 1990. — 440 с.

© Мосягин Н. А.

© Чекалов А. Н.

© Ткачева Е. С.

© Мосягин Н. А.

Рекомендована к печати к.т.н., доц. каф. ПГМ ДонГТУ Левченко Э. П., д.т.н., проф., зав. каф. ТМ ДонНТУ Михайловым А. Н.

Статья поступила в редакцию 24.10.16.

к.т.н. Мосягин М. О., к.т.н. Чекалов О. М., Ткачова О. С., Мосягин М. О. (ДонДТУ, м. Алчевськ, ЛНР)

ОБРОБКА ДЕТАЛЕЙ ІЗ ЗУБЧАСТИМИ ВІНЦЯМИ НА ТОКАРНО-РЕВОЛЬВЕРНИХ АВТОМАТАХ

Розглянута можливість виконання обробки зубчастих вінців в автоматичному циклі роботи токарно-револьверного автомата (ТРА). Запропоновані схеми додаткових пристроїв до ТРА для обробки черв'ячних і вузьких зубчастих вінців методом радіального урізування, а також для нарізування широких вінців з радіальним урізуванням і осьовим поданням. Дана оцінка ефективності методів зубонарізання.

Ключові слова: *зубообробка, дрібномодульні зубчасті колеса, додаткове пристосування, пристрій, кінематична схема.*

PhD in Engineering Mosiagin N. A., PhD in Engineering Chekalov A. N., Tkacheva E. S., Mosiagin N. A. (DonSTU, Alchevsk, LPR)

TOOTHED PARTS CUTTING WITH AUTOMATIC TURRET MACHINES

The possibility to perform toothed parts cutting with automatic turret machine (ATM) in automatic cycle was considered. The designs of optional devices to ATM have been proposed for worm and narrow tooth radial plunge-cutting as well as for wide tooth radial plunge-cutting and axial feed. The estimation of efficiency of toothing has been given.

Key words: *gear treatment, fine-module toothed wheels, optional device, device, kinematic scheme.*