

*А. А. КЛОЧКО*, д-р техн. наук, профессор НТУ «ХПИ»

## **МНОГОШПИНДЕЛЬНАЯ СХЕМА СКОРОСТНОЙ ЗУБООБРАБОТКИ ЗАКАЛЕННЫХ КОЛЕС**

Для чистовой зубообработки колес крупного модуля предложен метод прерывистого обката с использованием дисковых немодульных фрез (размеры фрезы не зависят от модуля), оснащенных керамическими пластинками и специальных фрезерных суппортов с одношпиндельной и двухшпиндельной схемой резания с учетом обеспечения всех основных установочных движений скоростных немодульных дисковых фрез. Метод прерывистого обката используется на зубострогальных и зубошлифовальных станках и обладает тем преимуществом, что в момент рабочего хода инструмента заготовка колеса неподвижна или совершает незначительный поворот, т.е. обработка протекает, по сравнению с методом обкатки с обеспечением наибольшей контактной жесткости инструмента и определяет способность поверхностных слоев зубчатых колес, находящихся в контакте с режущей кромкой инструмента, обеспечивать процесс резания.

**Ключевые слова:** зубообработка, схемы резания, закаленные крупномодульные зубчатые колеса, одношпиндельные и двухшпиндельные супорта

**О. О. КЛОЧКО**

## **БАГАТОШПИНДЕЛЬНА СХЕМА швидкісної зубобробки загартованих коліс**

Для чистової зубообробки коліс великого модуля запропонований метод переривчастого обкату з використанням дискових немодульних фрез (розміри фрези не залежать від модуля), оснащених керамічними пластинками і спеціальних фрезерних супортів з одношпіндельною і двошпіндельною схемою різання. Метод переривчастого обкату використовується на зубострогальних і зубошліфувальних верстатах і має ту перевагу, що в момент робочого ходу інструменту заготівля колеса нерухома або незначний поворот, тобто, обробка протікає, порівняно з методом обкатки із забезпеченням найбільшої контактної жорсткості інструменту та визначає здатність поверхневих шарів зубчастих коліс, що знаходяться в контакті з ріжучою кромкою інструменту, забезпечувати процес різання.

**Ключові слова:** зубообробка, схеми різання, загартовані крупномодульні зубчасті колеса, одношпіндельні та двошпіндельні супорти

**A. A. KLOCHKO**

## **MULTI-SPINDLE SCHEME FOR HIGH-SPEED GEARWORKING OF HARDENED WHEELS**

For finishing gear cutting of wheels of a large module, a method of intermittent rolling is proposed using non-modular disk cutters (the dimensions of the cutter do not depend on the module), equipped with ceramic plates and special milling calipers with a single-spindle and two-spindle cutting scheme, taking into account the provision of all basic installation movements of high-speed non-modular disk cutters. The intermittent rolling method is used on gear cutting and gear grinding machines and has the advantage that during the working stroke of the tool, the wheel blank is stationary or makes a slight turn, i.e. processing proceeds, in comparison with the running-in method, providing the highest contact rigidity of the tool and determines the ability of the

surface layers of the gears that are in contact with the cutting edge of the tool to provide the cutting process.

**Key words:** gear cutting, cutting schemes, hardened large-module gears, single-spindle and double-spindle calipers

**Введение.** Для чистовой обработки закаленных колес на станках мод. 5A342,  
© А.А. Клочко, 2021

5343, фирмы “МААГ” разработаны две конструкции специальных фрезерных суппортов: одношпindelная, где в качестве станочной линии зацепления пары инструмент – деталь используется нормаль к эвольвентам, расположенная горизонтально, профильный угол зубьев инструмента- дисковой фрезы близок к  $\alpha_u = 0^\circ$ . Фреза в первоначальный момент обработки расположена со смещением относительно оси колеса на расчетное расстоянии [1, 3, 5]. Обработка правой и левой боковых поверхностей зубьев колеса осуществляется отдельно, обработка ведется за два прохода; двухшпindelная, реализующая схему резания при одновременной обработке обеих боковых поверхностей зубьев колеса с использованием двух дисковых фрез, расположенных с наклоном на угол  $\alpha_\phi = 20^\circ$ . Профильный угол зубьев фрезы равен  $\alpha_\phi = 0^\circ$ .

**Основная часть.** Одношпindelный суппорт рис. 1 и рис. 2 состоит из опорной плиты 1, шпинделя 2, оправки 3, шпонки торцевой 4, крепежных винтов 5, электродвигателя 7, клиноременной передачи 8. Дисковая фреза 6 закрепляется консольно на того, какую сторону зубьев необходимо обработать, на суппорте у станавливают фрезу леворезущую или праворезущую.

В процессе обработки дисковая фреза совершает возвратно-поступательное движение вверх-вниз, аналогично движению зубострогальной гребенки. После обработки одной боковой поверхности всех зубьев колеса на суппорте меняется, например, леворезущая фреза на праворезущую, изменяется направление вращения и ход колеса на обратные и производится обработка другой боковой поверхности зубьев.

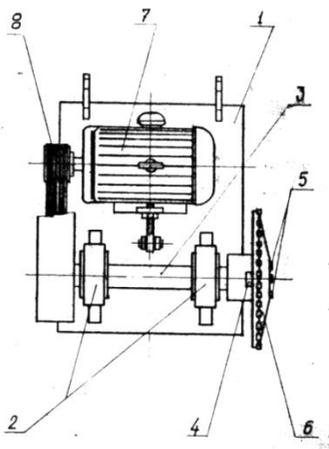


Рис. 1 – Принципиальная схема одношпиндельного спецсуппорта к зубострогальному станку фирмы «МАОГ»

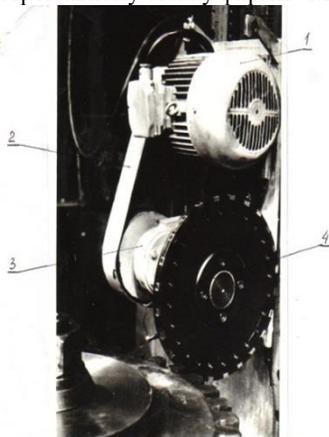


Рис. 2 - Рабочая конструкция одношпиндельного спецсуппорта к зубострогальному станку фирмы «МАОГ»: 1 - электродвигатель; 2 - клиноременная передача; 3 - шпиндель; 4 - дисковая фреза, оснащенная керамикой

Двухшпиндельный суппорт состоит из двух шпиндельных головок (рис. 3), каждая из которых имеет независимый привод и наклонена на угол  $\alpha_0 = 20^\circ$ . Левая головка неподвижно закреплена на установочной плите. Правая головка перемещается в направляющих при помощи ходового винта в направлении, параллельном движению заготовки.

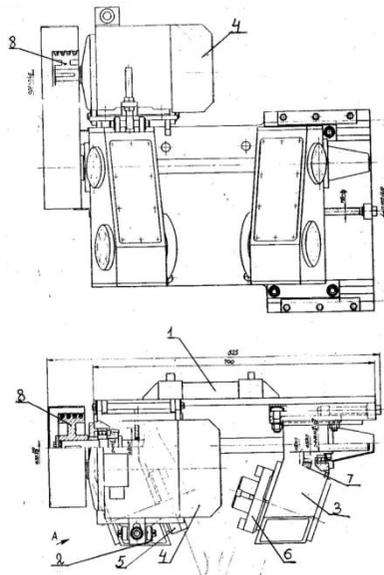


Рис. 3 – Принципиальная конструкция двухшпиндельного спецуппорта к зубостругальному станку

Дисковые фрезы  $\phi 400$  мм приводятся во вращение электродвигателями мощностью  $P = 1,5$  кВт посредством червячных пар с передаточным отношением  $u = 4,75$ . Частота вращения дисковых фрез составляет 300 об/мин. Расстояние между дисковыми фрезам выбирается в зависимости от модуля обрабатываемого зубчатого колеса и изменяется в пределах от 75 мм до 150 мм. В качестве смазки червячной пары применяется нелегированное масло цилиндрическое марки 52 по ГОСТ 6411-76 [2, 4].

На рис. 4 показана принципиальная конструкция одношпиндельного спецуппорта к станку мод. 5А342. Суппорт состоит из основания 1, присоединяемого к колонне станка, поперечной траверсы 2, на которой размещена инструментальная каретка 3 с индивидуальным приводом 4 и дисковой фрезой 5. Тангенциальное перемещение  $V_m$  траверсы 2 осуществляется с помощью ходового винта 6, а возвратно-поступательные перемещения вверх-вниз каретки 3 с инструментом осуществляются с помощью высокомоментного электродвигателя и шариковой винтовой пары (ШВП) 8.

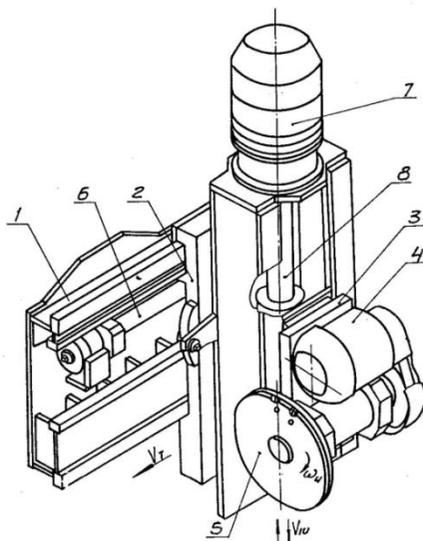


Рис. 4 – Принципиальная конструкция одношпиндельного спецсуппорта к вертикально-зубофрезерному станку мод. 5А342

Отличительными особенностями спецсуппорта к станку мод. 5343 являются (рис. 5) наличие двух шпинделей 1 и 2, расположенных по отношению к основанию 3 под углом  $\alpha_0 = 20^\circ$ , и увеличенная длина направляющих траверсы 4, позволяющая обработать зубчатые колеса с длиной зуба  $b = 1500$  мм.

Каждая из двух дисковых фрез 5 и 6 имеет индивидуальные приводы 7 и 8, а расстояние между ними регулируется с помощью установочных винтов 9 и 10. Суппорт позволяет обрабатывать улучшенные и закаленные зубчатые колеса с модулем зубьев до  $m=50$  мм, углом наклона зубьев до  $\beta=15^\circ$  и наружным диаметром до  $D_a=3000$  мм.

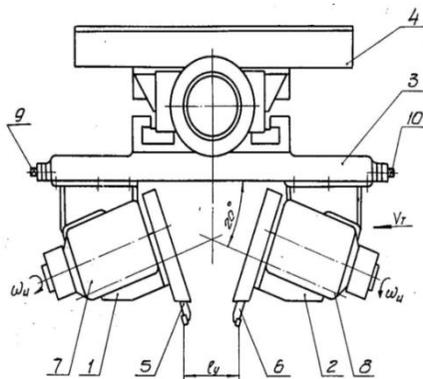


Рис. 5 – Принципиальная конструкция двухшпиндельного спецсуппорта к зубофрезерному станку мод. 5343

Оба суппорта предназначены для чистовой обработки закаленных колес и приводных шестерен рудо- и углеразмольных мельниц взамен зубошлифования и с целью исключения кооперации производства или приобретения импортного дорогостоящего зубошлифовального оборудования.

**Выводы.** Для обеспечения высокопроизводительной обработки закаленных крупномодульных колес на зубофрезерных станках мод. 5А342, 5343, зубострогальных станков «МААГ» необходимо применение специальных одно и двухшпиндельных суппортов, обеспечивающих качество и точность зубообработки.

#### Список литературы

1. Тимофеев Ю. В. Новая технология скоростной обработки закаленных крупномодульных зубчатых колес специальными дисковыми фрезами / Ю. В. Тимофеев, А. А. Клочко, В. Ф. Шаповалов // Вісник СевНТУ : зб. наук. пр. Серія «Машиноприладобудування та транспорт». – Севастополь, 2011. – Вип. 118. – С. 139–144.
2. Шелковой А. Н. Общие принципы моделирования оптимального управления параметрами точности, качества и производительности зубообработки закаленных крупномодульных зубчатых колес / А. Н. Шелковой, Е. В. Мироненко, А. А. Клочко // Вісник СевНТУ : зб. наук. пр. Серія «Машиноприладобудування та транспорт». – Севастополь, 2013. – Вип. 140. – С. 203–210.
3. Пат. 2082567 Российской Федерации, МКИ В23 F 5/00. Зубообрабатывающий станок / В. Ф. Шаповалов, В. И. Печеный, А. А. Клочко, Г. Н. Руин, С. П. Налетов, Н. И. Аристархов, В. Д. Коротков, Н. А. Лобанов, А. В. Кузнецов. – № 92009350 ; заявл. 01.12.92 ; опубл. 27.06.97, Бюл. № 18. – 6 с. : ил.
4. Технологические основы обеспечения производительности, точности и качества зубообработки закаленных крупномодульных зубчатых колес / Ю. В. Тимофеев, А. Н. Шелковой, А. А. Клочко, Е. В. Мироненко // Вісник Донецького Національного технічного університету: зб. наук. пр. Серія: Машинобудування і машинознавство. – Донецьк : ДНТУ, 2013. – № 1 (10) (2013). – С. 131–140.
5. Клочко А. А. Области оптимального. управления параметрами точности, качества и производительности зубообработки закаленных крупномодульных зубчатых колес / А. А. Клочко, Ю. В. Тимофеев., А. Н. Шелковой // Надежность инструмента и оптимизация технологических систем : сб. науч. тр. – Краматорск : ДГМА, 2012. – Вып. 32. – С. 332–343.

## Bibliography (transliterated)

1. Timofeev, U.V., A.A. Klochko and V. F. Shapovalov. *New technology high-speed machining of hardened gears coarse-grained special disc cutter*. News SevNTU: ST. ScienceP. pr. Series "Mashinopriladobuvannya that transport." -Sevastopol, 2011. - VIP. 118. -P. 139-144. 2. Shelkovoy A.N., E.V. Mironenko and A.A. Klochko. *General principles of modeling the optimal control parameters of precision, quality and performance gear treatment quenched coarse-grained gear*. News SevNTU: ST. ScienceP. pr. Series "Mashinopriladobuvannya that transport." - Sevastopol, 2013. - Vip. 140. - P. 203-210. 3. V.F. Shapovalov, et al. Pat. 2082567 Russian Federation, B23 MKI F 5/00. *Gear Machine* / - No 92009350; appl. 01/12/92; publ. 27.06.97, Bul. No 18. -6 P. : yl. 4 Timofeev U.V., et al. *Technological bases ensure productivity, accuracy and quality gear treatment quenched coarse-grained gear*. News of Donetsk Natsionalnogo tehnicnogo universitetu: ST. ScienceP. pr. Seriya: Mashinobuduvannya i mashinoznavstvo. - Donetsk: DNTU, 2013. - No 1 (10) '(2013). - P. 131-140. 5. Klochko A.A., U.V Timofeev and A. N., Shelkovoy. *Fields optimal. control the parameters of precision, quality and performance gear treatment quenched coarse-grained gear*. Reliable tools and optimization of technological systems: Sat. scientific. tr. - Kramators'k: DGMA, 2012. - Vol. 32. - P. 332-343.

Поступила (received) 02.10.2021

## ЗМІСТ

<i>Пермяков А.А., Слипченко С.Е.</i> Применение управляющих сетей Петри для обработки корпусных деталей.....	3
<i>Андилахай А.А.</i> Пути повышения эффективности струйно-абразивной обработки мелких деталей.....	9