

**В.Ф.ШАПОВАЛОВ**, к.т.н., Краматорск, кмп"Сателлит",

**В.С.ГУЗЕНКО**, к.т.н., **Е.В.МИРОНЕНКО**, к.т.н., Краматорск, ДГМА,

**В.Ф.КОЛЕСНИК**, **С.А.ИВАНОВ**, Краматорск, АО"НКМЗ"

## **СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ЗУБООБРАБОТКИ КРУПНОМОДУЛЬНЫХ ЗАКАЛЕННЫХ КОЛЕС**

In the given paper ways of finishing of largely modular hardened gearwheels are presented by special worm and disk gear cutters which ensure raise of performance in comparison with process of ultimate machining by grinding.

Одним из технологических приемов, снижающих трудоемкость зубообработки крупномодульных высокоточных ( $m=10...36$ мм 5...7-й степени точности по ГОСТ1643-81) закаленных колес (HRC<sub>50...55</sub>), является предварительная или окончательная лезвийная обработка зубьев инструментами, оснащенными твердым сплавом[1, 2, 3] и минералокерамикой[4, 5, 6, 7, 8].

С целью повышения размерной стойкости такого инструмента, по сравнению с напайным[1], улучшения условий его эксплуатации и исключения необходимости заточки и переточки, на АО "НКМЗ" (г.Краматорск) разработаны различные конструкции крупномодульных  $m=10...36$ мм червячных твердосплавных фрез одностороннего и двухстороннего резания, оснащенные неперетачиваемыми поворотными пластинками из сплавов ВК10-ОМ, ВК10-ХОМ и др.

Фрезы предназначены для чистовой лезвийной обработки цементованных и закаленных до твердости HRC<sub>50...55</sub> зубчатых колес 8...9-й степеней точности по ГОСТ1643-81 или для предварительной обработки колес более высоких степеней точности под зубошлифование.

Фреза одностороннего резания (рис.1) состоит из двух корпусов: левого и правого с конической винтовой нарезкой одного направления. Каждый из корпусов фрезы, в свою очередь, выполнен из двух одинаковых частей для обеспечения удобства фрезерования гнезд под твердосплавные поворотные пластинки, расположенные из условия тангенциального резания.

Обработка колеса осуществляется за два прохода: в начале левым корпусом фрезы обрабатывают левые боковые поверхности зубьев колеса, а затем, после смены корпусов на зубофрезерной оправке, правым корпусом обрабатывают правые боковые поверхности зубьев или наоборот[2].

Обработку обеих поверхностей зубьев колеса можно производить за два прохода только одним, правым или левым, корпусом фрезы, переустанавливая его на зубофрезерной оправке со смещением влево или вправо, относительно станочной оси. При этом на втором проходе изменяются направления вращения фрезы и колеса на противоположные, по сравнению с первым проходом[3].

Для обеспечения полной обработки обеих боковых поверхностей зубьев колеса за один проход разработана однокорпусная конструкция червячной фрезы (рис.2) двухстороннего резания.

Так же, как и у фрезы одностороннего резания, корпус выполнен из двух одновитковых частей, скрепленных шпильками и гайками, но поворотные твердосплавные пластинки и крепежные винты размещены на обеих боковых поверхностях цилиндрических витков корпуса. При этом, пластинки располагаются только вдоль линий станочного зацепления инструмента, или в 1-3 ряда с перекрытием, продлевая, таким образом, боковую режущую кромку. На вершине витков также расположены твердосплавные пластинки, что позволяет производить такими фрезами и черновое нарезание зубьев.



Рис.1. Правый корпус червячной фрезы  $m=16$  одностороннего резания



Рис.2. Червячная фреза  $m=20$ мм двухстороннего резания

Такая конструкция фрезы позволяет обрабатывать обе боковые поверхности зубьев колеса за один проход, т.е. в два раза производительней, чем фрезой одностороннего резания. Вместе с тем, фреза одностороннего резания более экономична по расходу твердосплавных пластинок, т.к. в диапазоне модулей  $m=10\dots36$ мм для одного корпуса требуется только 29 пластинок.

Большим преимуществом разработанных фрез является то, что в диапазоне модулей  $m=10\dots65$ мм они оснащаются одинаковыми по размерам твердосплавными пластинами, т.е. сняв пластины с фрезы модуль  $m=10$ мм можно оснастить ими фрезу модуль  $m=65$ мм. При дефиците пластинок это позволяет обработать колеса всего вышеуказанного диапазона модулей и существенно экономить твердый сплав.

В производственных условиях ЗАО НКМЗ расчет и проектирование червячных твердосплавных фрез осуществляется в электронном виде с получением твердотельной модели в программе SOLID WORKS. Далее модель передается технологам для разработки управляющей программы к станку с ЧПУ фирмы "Ferrari"(Италия), на котором осуществляется фрезеровка пазов под пластины. Машинное время фрезерования пазов одного корпуса фрезы составляет 16-20ст.ч.

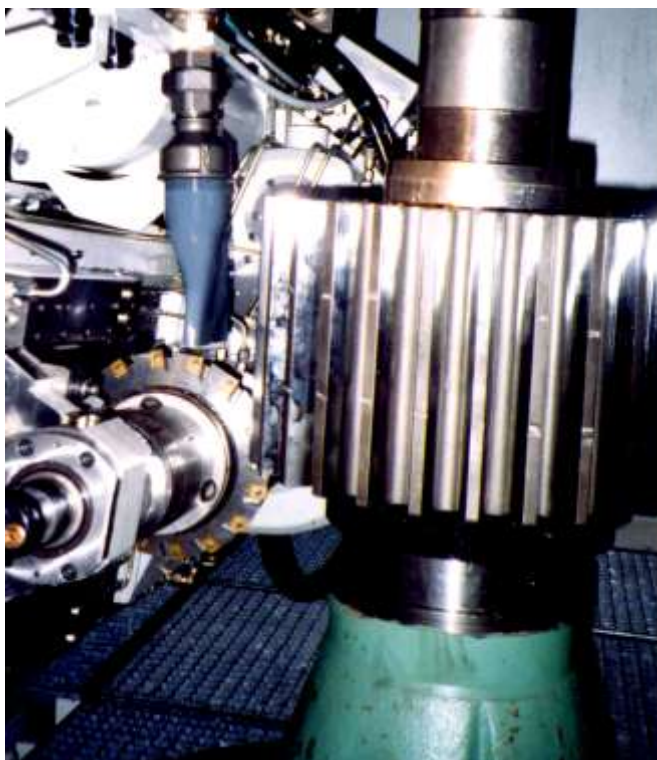


Рис.3. Обработка закаленного зубчатого колеса  $m=16 z=41$  на станке фирмы "Gleason-Pfauter"

Зубофрезерование закаленных колес на станках мод.5B375 АО"КЗТС" (г.Коломна) и ZFWZ-3150/30 фирмы "Модуль" (ФРГ)

осуществляется без применения охлаждения, встречным или попутным фрезерованием, при следующих режимах резания:  $t=0.5\dots1.5$  мм;  $S=1.5\dots2$ мм/об;  $V=0.25$ м/сек.

На станке более современной конструкции мод.P1200/1600 (рис.3) фирмы "Gleason-Pfauter" (Германия) и при оснащении фрез твердым сплавом фирмы "Fette" (Германия) скорость резания увеличивается до  $V=0.65$ м/сек.

Стойкость фрез новой конструкции до первого затупления в 1.8...2.0 раза выше, чем у напайных фрез, благодаря тангенциальному расположению пластин, отсутствию в них внутренних напряжений, а также благодаря нанесению на них износостойкого покрытия из нитрида титана.

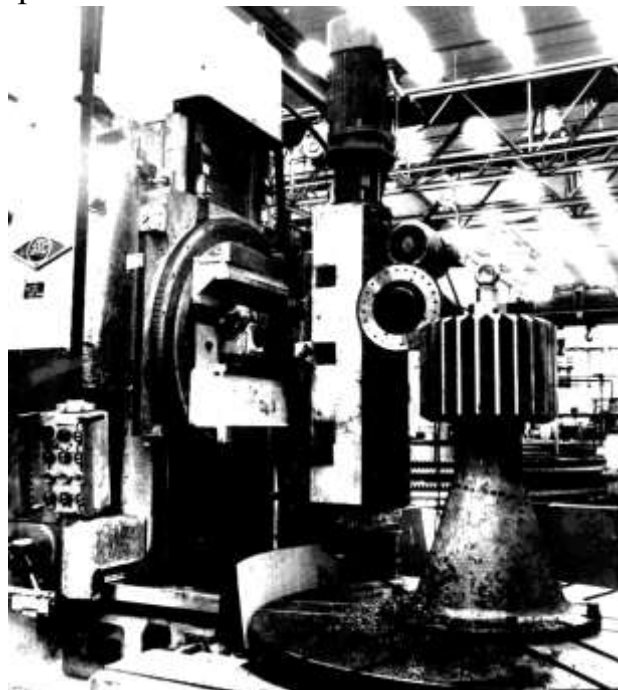
Применение предварительной лезвийной обработки зубьев закаленных колес разработанными твердосплавными фрезами позволяет снизить трудоемкость малопроизводительных зубошлифовальных операций, в зависимости от модуля зубьев, в 3-4 раза.

В связи с тем, что тяжелые отечественные зубофрезерные станки, изготовленные АО «Коломенский ЗТС» (г. Коломна), по жесткости и скорости не предназначены для работы методом обкатки твердосплавными инструментами, также из-за сложности инструмента и сравнительно невысокой стойкости используемых отечественных твердых сплавов, производственный опыт ряда заводов, в т.ч. и АО «НКМЗ», показал, что точность чистовой обработки крупномодульных  $m > 12$  мм закаленных HRC<sub>50...55</sub> колес червячными твердосплавными фрезами по нормам плавности и контакта не превышает 9...10-й степеней точности по ГОСТ 1643-81.

Поэтому для чистовой лезвийной зубообработки закаленных колес крупного модуля предложен метод прерывистого обката с использованием дисковых немодульных фрез (размеры фрез не зависят от модуля), оснащенных керамическими пластинами, и специальных фрезерных суппортов [4,5].

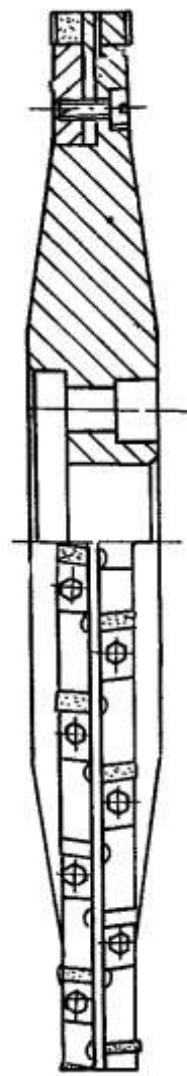
Метод прерывистого обката используется на зубострогальных и зубошлифовальных станках и обладает тем преимуществом, что в момент рабочего хода инструмента заготовка колеса неподвижна или совершает незначительный поворот, т.е. обработка протекает, по сравнению с методом обкатки, в более жестких условиях.

Кроме того, при этом методе частота вращения инструмента не связана кинематически с частотой вращения заготовки, что позволяет использовать в качестве режущих материалов керамику и сверхтвердые материалы, т.е. увеличить скорость



а

Рис.4. Специальный суппорт к станку мод.5А342 (АО «СЗТМ» г.Сызрань



резания в 3-4 раза (до 5-8 м/сек) и обеспечить повышение производительности обработки при высоком качестве обработанной поверхности зубьев. Увеличивается в 6-20 раз, по сравнению с обработкой червячной фрезой, количество резов, профилирующих эвольвентную поверхность зубьев, что обеспечивает высокую точность их обработки и низкую шероховатость.

Реализация новой технологии чистовой зубообработки закаленных колес может осуществляться как с помощью несложных по конструкции фрезерных суппортов, устанавливаемых на зубострогальных станках фирмы «MAAG» (Швейцария), так и путем модернизации тяжелых зубофрезерных станков отечественного производства.

АО «Коломенский ЗТС» разработал техническую документацию и освоил производство специальных фрезерных суппортов (рис.4) к серийным вертикально – зубофрезерным станкам мод.5А342 и мод.5343 [5,6,7].

Суппорт состоит из основания, присоединяемого к колонне станка, поперечной траверсы, на которой размещена инструментальная каретка с индивидуальным приводом дисковой фрезы.

Рис.5. Дисковая фреза двухстороннего резания

Суппорт позволяет обрабатывать закаленные зубчатые колеса с модулем зубьев  $m=14...36$  мм; наружным диаметром  $D_a=1500$ мм, длиной зуба 500мм, углом наклона зубьев  $\beta=15^\circ$ . Промышленное внедрение спецсуппорта проведено в механическом цехе №4 АО"СЗТМ" (г.Сызрань).

Отличительными особенностями спецсуппорта к станку мод.5343[7] являются наличие двух шпинделей, расположенных по отношению к основанию под углом  $\alpha_{ш}=20^\circ$ , и увеличенная длина направляющих траверсы, позволяющая обрабатывать зубчатые колеса с длиной зуба до  $b=1500$  мм и наружным диаметром до  $D_a=3000$ мм.

Спецсуппорта оснащаются дисковыми фрезами одностороннего или двухстороннего резания с керамическими пластинками (форма 03131 по ГОСТ25003-81) из материала ВСК-71 по ГОСТ26630-85.

Отличительной особенностью двухсторонней фрезы[8] является наличие второго ряда режущих пластин, смещенных относительно первого ряда на половину окружного шага (рис.5).

В процессе обработки вначале одним рядом пластин обрабатывают одну из боковых поверхностей зубьев колеса, например правую, а затем, после реверса колеса и направления тангенциального перемещения каретки с инструментом, обрабатывают вторую – левую - боковую поверхность зубьев.

Такая конструкция дисковой фрезы позволяет сократить номенклатуру зуборезного инструмента и сэкономить вспомогательное время на переустановку.

Режимы резания при чистовой обработке закаленных колес дисковыми фрезами следующие:  $t=0.2...0.9$ мм;  $n=250$ мин<sup>-1</sup>;  $V=4...6$ м/сек;  $n_{дв.х.}=80...350$  за цикл обработки.

Производственные исследования показали, что новая технология позволяет повысить точность обработки закаленных колес на 2-3 степени по сравнению с обработкой твердосплавными червячными фрезами, сравниться по точности с зубошлифованием при более высоком качестве обработанной поверхности зубьев (прижоги и микротрещины отсутствуют). При этом технологический процесс в 5-6 раз более производительен, чем зубошлифование, а также исключается необходимость приобретения дорогостоящего зубошлифовального оборудования.

**Список литературы:** 1. Шаповалов В.Ф., Коновалов А.Д., Каплий Ю.И., Габинский И.С., Лезвийная обработка крупномодульных закаленных зубчатых колес – Вестник машиностроения, 1986, №11, с.43-44. 2. А.С. №897428 МКИ<sup>3</sup> В23F 5/22: Способ чистовой обработки зубчатых колес методом обката червячной фрезой "Победа", 15.02.1982. Бюл.№2. 3. Декларативный патент на изобретение №53967А, 7В23F 5/22: Способ чистовой обработки зубчатых колес методом обкатки червячной фрезой "Победа", 17.02.2003. Бюл.№2. 4. Шаповалов В.Ф., Печеный В.И., Кноблох и др. Лезвийная обработка крупномодульных закаленных колес инструментом, оснащенным керамикой – Вестник машиностроения. 1991, №2, с.51-53. 5. Шаповалов В.Ф., Печеный В.И., Аристархов Н.И. и др. Расширение технических возможностей тяжелых зуборезных станков. – Вестник машиностроения. 1994, №6, с.30-31. 6. Зубофрезерный станок. Патент Российской Федерации №2082567. 7. Зубофрезерный станок. Патент Российской Федерации №2064376. 8. Сборная зубофрезерная фреза. Решение о выдаче патента Российской Федерации по заявке №4931120/08/034987 от 23.04.91г