

УДК 67.05

## ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ЭЛЕКТРОЭРОЗИОННОЙ ОБРАБОТКИ ЗАГОТОВОК ИЗ ТВЕРДОГО СПЛАВА ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ МЕЛКОМОДУЛЬНЫХ ЧЕРВЯЧНЫХ ФРЕЗ

**Домнин Петр Валерьевич**

канд. тех. наук

**Гарифуллин Айрат Анфасович**

аспирант

Московский государственный технологический университет «СТАНКИН»  
Москва

*author@apriori-journal.ru*

**Аннотация.** В статье рассматривается процесс изготовления твёрдосплавной мелко модульной червячной фрезы с использованием электроэрозионной обработки. Твёрдосплавные мелко модульные червячные фрезы используются в часовой промышленности для нарезания зубчатых колес, шестерёнок механизма наручных часов. Данная фреза имеет диаметр 12 мм и толщину от 4 мм до 16 мм в зависимости от характеристик нарезаемого профиля и геометрии зубьев. Фреза, изготавливается из заготовки спечённого твердого сплава марки ВК8 (92 % карбид вольфрама и 8 % Со – кобальт).

**Ключевые слова:** формообразование; обработка; инструмент; червячная фреза; технология изготовления инструмента; твёрдый сплав.

# APPLICATION OF EDM IN THE PRODUCTION OF SMALL-SIZE CARBIDE HOBS

**Domnin Petr Valerevich**

candidate of technical sciences

**Garifullin Ayrat Anfasovich**

graduate student

Moscow State Technological University «STANKIN», Moscow

**Abstract.** The article discusses the process of manufacturing small-size carbide hob with EDM. Small-size carbide Hobs used in the watch industry for gear cutting, gears mechanism watches. This milling cutter has a diameter of 12 mm and a thickness of 4 mm to 16 mm, depending on the characteristics of the profile to be cut and the tooth geometry. The cutter is made of sintered carbide preform brand VK8 (92 % tungsten carbide and 8 % Co – cobalt).

**Key words:** forming; machining; tool; hob; manufacturing technology tools; solid carbide.

Твердые сплавы имеют достаточно высокую твёрдость (85-92 HRA) и высокую теплостойкость (800-1000 °С), за счёт высокотвёрдых карбидов вольфрама и кобальтовой металлической связки. Это способствует повышению скорости обработки и стойкости [1-7]. Как правило, заготовки из твёрдого сплава спекаются в определенных формах под конкретные цели.

Представленная на рис.1 заготовка предназначена специально для фрезы и выполнена в виде трубы, которая затем разрезается на кольца (рис. 2) на электроэрозионном станке [8-15].



**Рис. 1 Заготовка из спечённого твердого сплава под мелко модульную червячную фрезу**



**Рис. 2. Вырезанная заготовка из спечённого твёрдого сплава под мелко модульную червячную фрезу на электроэрозионном станке**

Далее с помощью электроэрозионной вырезки формируются стружечные канавки будущей червячной фрезы, и заготовка принимает форму фрезы рис. 3.



**Рис. 3. Заготовка мелко модульной твёрдосплавной червячной фрезы с вырезанными стружечными канавками на электроэрозионном станке**

Затем на специальном шлифовальном станке алмазными кругами формируется профиль зубьев червячной фрезы и затылованная задняя поверхность [16-22] рис. 4 – рис. 6.



**Рис. 4. Затылованная мелко модульная твёрдосплавная червячная фреза**

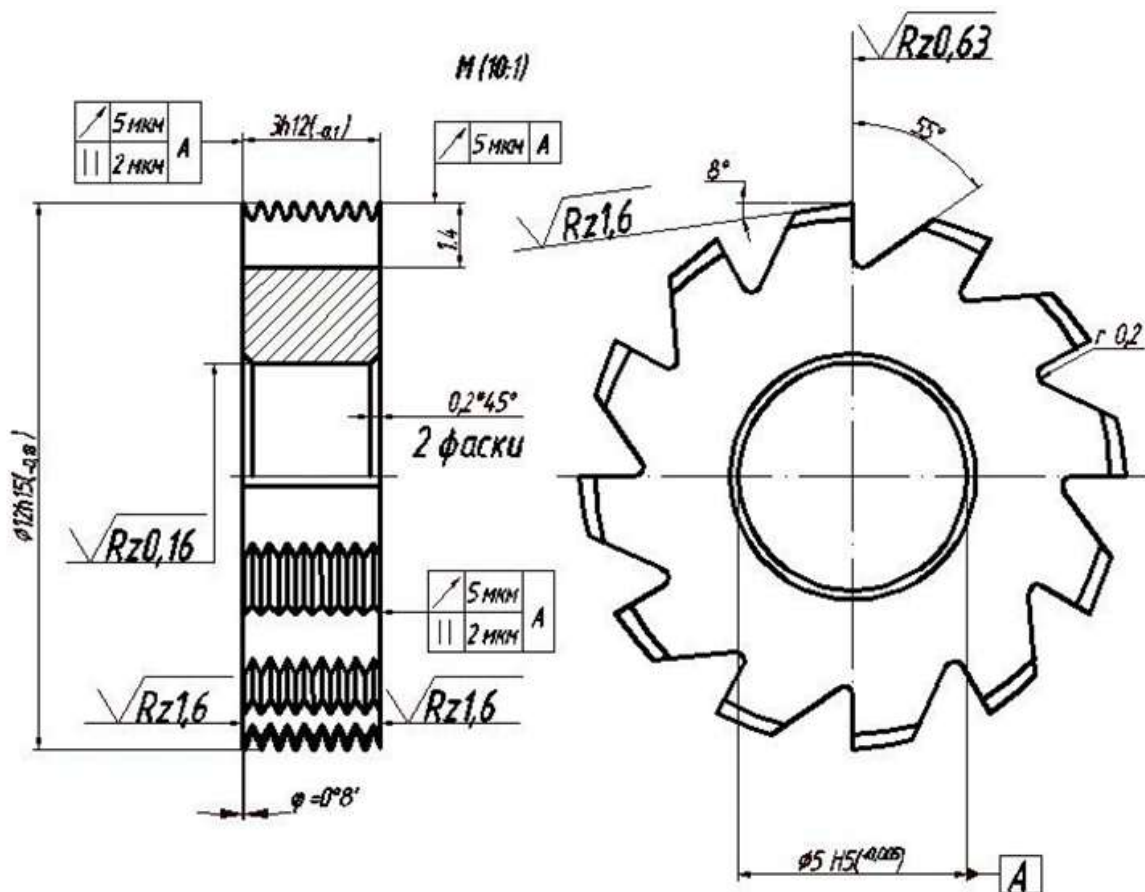


Рис. 5. Чертёж мелко модульной червячной фрезы

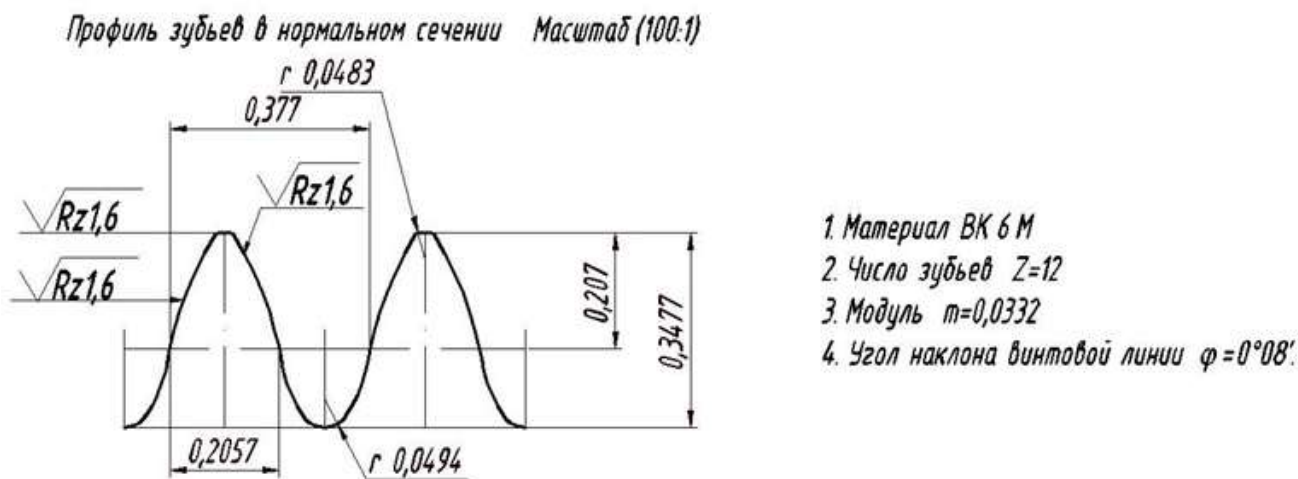


Рис. 6. Профиль зубьев фрезы

В таблицах 1 и 2 приведены исследования влияния параметров электроэрозионной обработки включающие значения частоты, длительности электрических импульсов и силы рабочего тока в зависимости от шероховатости поверхностного слоя твёрдого сплава [23-25].

Таблица 1

**Влияние режимов электроэрозионной обработки фрезы  
из сплава ВК8 на шероховатость и эксплуатационные показатели**

Материал электрода (площадь обработки, мм <sup>2</sup> )	Частота, кГц	Длительность импульсов, мкс	Сила тока, А	Производительность, мм <sup>3</sup> /мин	Относительный объёмный износ ЭИ, %	Параметр шероховатости, мкм
МНБ-3 (400)	8	100	46	155	66	Rz = 20
	44	19	40	128	37	Rz = 10
	100	7	29	84	34	Ra = 2,5...2,0
	200	3	19	40	40	Ra = 2,0...1,25
М1 (180)	66	14	10	26	140	Ra = 2,5...1,25
	88	10	6	10	130	Ra = 2,0...1,25
	200	3	0,5	5	110	Ra = 1,25... 0,63
	200	3	0.1	3	100	Ra = 0,4.. 0,32

Таблица 2

**Рекомендуемые режимы обработки твердого сплава ВК8  
в зависимости от требуемого параметра шероховатости  
обработанной поверхности**

Параметр шероховатости, мкм	Электрические параметры импульса				Относительный объёмный износ электрода, %
	Частота, кГц	Длительность, мкс	Скважность	Сила рабочего тока, А	
Rz = 40	8	60-100	2	40-60	150 / 65
Rz = 40	8; 22; 44	10-60	2	25-40	(110-130) / (35-40)
Ra = 1,6	88; 200	1,5-7,0	2	10-30	(70-80) / (35-40)
Ra = 0,8	200; 440	1,0-3,0	2,3	3-15	(70-80) / 40
Ra = 0,4	200; 440	1,0-3,0	2	0,1-1	100 / 40

На рис. 8 приведен экран электроэрозионного станка с ЧПУ с фрагментом программы и чертежом обрабатываемой фрезы.



**Рис. 8. Программа ЧПУ на экране электроэрозионного станка**

На основании проведенного исследования и анализа опыта применения электроэрозионной обработки можно сделать вывод, что процесс электроэрозионной обработки твердосплавных инструментов является перспективным и характеризуется комплексной взаимосвязью параметров процесса электроэрозии (табл.1 и 2), специфики конструкции режущего инструмента включающей: геометрию, шероховатость и физико-химические характеристики поверхностного слоя [25-30]. При этом электроэрозия достаточно эффективна по сравнению с традиционными методами обработки твёрдого сплава из-за его высокой твёрдости.

## Список использованных источников

1. Петухов Ю.Е. Формообразование численными методами. М: Янус-К, 2004. 198 с.
2. Петухов Ю.Е., Колесов Н.В., Юрасов С.Ю. Задачи по формообразованию при обработке резанием // Вестник машиностроения. 2014. № 3. С. 65-71.
3. Петухов Ю.Е., Водовозов А.А. Математическая модель криволинейной режущей кромки спирального сверла с постоянной стойкостью точек режущей кромки // СТИН. 2014. № 3. С. 8-11.
4. Петухов Ю.Е., Домнин П.В. Определение задних кинематических углов при обработке винтовых фасонных поверхностей стандартными фрезами прямого профиля // Вестник МГТУ Станкин. 2014. № 2 (29). С. 27-33.
5. Петухов Ю.Е., Водовозов А.А. Затачивание по передней поверхности спиральных сверл с криволинейными режущими кромками // Вестник МГТУ Станкин. 2014. № 1 (28). С. 39-43.
6. Петухов Ю.Е., Домнин П.В., Тимофеева А.А. Формирование базы знаний процесса проектирования инструмента для обработки канавок в глубоких отверстиях // Научная жизнь. 2014. № 5. С. 21-29.
7. Петухов Ю.Е., Водовозов А.А. Анализ влияния скорости резания точек режущей кромки на стойкость спирального сверла и пути ее увеличения // Известия Московского государственного технического университета МАМИ. 2013. Т. 2. № 1 (15). С. 31-35.
8. Петухов Ю.Е., Домнин П.В. Формообразование фасонных винтовых поверхностей инструментов на основе применения стандартных концевых и торцевых фрез. М.: МГТУ Станкин, 2012. 130 с.
9. Петухов Ю.Е., Водовозов А.А. Математическая модель криволинейной режущей кромки спирального сверла повышенной стойкости // Вестник МГТУ Станкин. 2012. № 3. С. 28-32.



10. Петухов Ю.Е., Домнин П.В. Компьютерное моделирование обработки винтовой канавки на заготовке концевой фрезы // Известия Московского государственного технического университета МАМИ. 2011. № 2. С. 156-164.
11. Петухов Ю.Е., Атрощенко Т.С. Разработка численного метода профилирования // Автоматизация: проблемы, идеи, решения. Матер. междунар. науч.-тех. конф. В 2-х т. 2010. С. 185-188.
12. Петухов Ю.Е., Мовсисян А.В. Определение формы задней поверхности дисковой фрезы при обработке фасонной поверхности детали // Вестник машиностроения. 2007. № 8. С. 56-57.
13. Петухов Ю.Е. Проектирование инструментов для обработки резанием деталей с фасонной винтовой поверхностью на стадии технологической подготовки производства. Автореф. дисс. ... д-ра тех. наук. М., 2004.
14. Петухов Ю.Е. Проектирование инструментов для обработки резанием деталей с фасонной винтовой поверхностью на стадии технологической подготовки производства. Дисс. ... д-ра тех. наук. М., 2004.
15. Домнин П.В. Разработка процесса формообразования фасонных винтовых поверхностей инструментов на основе применения стандартных концевых и торцевых фрез. Дисс. ... канд. тех. наук. М., 2012.
16. Домнин П.В. Формирование фасонных винтовых поверхностей стандартными концевыми и торцевыми фрезами // Главный механик. 2013. № 11. С. 39-46.
17. Петухов Ю.Е. Некоторые направления развития САПР режущего инструмента // СТИН. 2003. № 8. С. 26-30.
18. Колесов Н.В., Петухов Ю.Е. Система контроля сложных кромок режущих инструментов // Комплект: ИТО. Инструмент. Технология. Оборудование. 2003. № 2. С. 42.

19. Колесов Н.В., Петухов Ю.Е., Баринов А.В. Компьютерная модель дисковых фасонных затылованных фрез // Вестник машиностроения. 1999. № 6. С. 57.
20. Колесов Н.В., Петухов Ю.Е. Математическая модель червячной фрезы с протуберанцем // СТИН. 1995. № 6. С. 26.
21. Петухов Ю.Е. Проектирование производящей инструментальной и исходной поверхностей на основе методов машинного моделирования. Дисс. ... канд. тех. наук. М., 1984.
22. Процессы формообразования и САПР металлорежущего инструмента: учеб. пособие / под общ. ред. В.А. Гречишникова. М.: ГОУ ВПО МГТУ «Станкин», 2010. 356 с.
23. Петухов Ю.Е., Домнин П.В. Способ формообразования фасонных винтовых поверхностей. Патент на изобретение RUS 2447972 24.06.2010.
24. Петухов Ю.Е., Водовозов А.А. Способ заточки задних поверхностей сверл. Патент на изобретение RUS 2466845 29.03.2011.
25. Гречишников В.А., Домнин П.В., Косарев В.А., Петухов Ю.Е., Романов В.Б., Седов Б.Е. Современные методы решения задач формообразования сложного режущего инструмента // СТИН. 2013. № 12. С. 6-11.
26. Grechishnikov V.A., Domnin P.V., Kosarev V.A., Petukhov Yu.E., Romanov V.B., Sedov B.E Shaping by means of complex cutting tools // Russian Engineering Research. 2014. T. 34. № 7. С. 461-465.
27. Petukhov Yu.E., Vodovozov A.A. Curvilinear cutting edge of a helical bit with uniform life // Russian Engineering Research. 2014. T. 34. № 10. С. 645-648.
28. Petukhov Y.E., Domnin P.V. Shaping precision in machining a screw surface // Russian Engineering Research. 2011. T. 31. № 10. С. 1013-1015.

29. Kolesov N.V., Petukhov Yu.E. The mathematical model of a hob with protuberances // Russian Engineering Research. 1995. T. 15. № 4. C. 71-75.
30. Petukhov Yu.E. Some directions of cutting tool cad system development // Russian Engineering Research. 2003. T. 23. № 8. C. 72-76.
31. Petukhov Yu.E., Movsesyan A.V. Determining the shape of the back surface of disc milling cutter for machining a contoured surface // Russian Engineering Research. 2007. T. 27. № 8. C. 519-521.
32. Kolesov N.V., Petukhov Yu.E. Computer models of cutting tools // Russian Engineering Research. 2007. T. 27. № 11. C. 812-814.
33. Petukhov Yu.E., Kolesov N.V., Yurasov S.Yu. Geometric shaping in cutting // Russian Engineering Research. 2014. T. 34. № 6. C. 374-380.