

УДК 67

**УСТАНОВЛЕНИЕ ВЗАИМОСВЯЗЕЙ МЕЖДУ ПАРАМЕТРАМИ
КОНСТРУКЦИИ, ЭКСПЛУАТАЦИОННЫМИ ПОКАЗАТЕЛЯМИ
И УСЛОВИЯМИ ЭКСПЛУАТАЦИИ АЛМАЗНЫХ ОТРЕЗНЫХ
СЕГМЕНТНЫХ КРУГОВ НА ПРИМЕРЕ ВЗАИМОСВЯЗИ
СКОРОСТИ РЕЗАНИЯ, ГЛУБИНЫ РЕЗАНИЯ И ИЗНОСТОЙКОСТИ**

Нежинский Евгений Игоревич

магистрант

Московский государственный технологический университет «СТАНКИН»
Москва

author@apriori-journal.ru

Аннотация. Статья посвящена установлению взаимосвязей между параметрами конструкции, эксплуатационными показателями и условиями эксплуатации на примере взаимосвязи скорости резания, глубины резания и износостойкости алмазного сегментного отрезного круга на гальванической связке, а также построению матриц инциденций, используя установленные функциональные связи.

Ключевые слова: алмазный сегментный круг; скорость резания; износостойкость; матрица инциденций; функциональные связи.

INTERCONNECTION BETWEEN DESIGN PARAMETERS, PERFORMANCE AND OPERATING CONDITIONS OF DIAMOND SEGMENT CUTTING DISC BY THE EXAMPLE OF RELATIONSHIP CUTTING SPEED, DEPTH OF CUT AND WEAR RESISTANCE

Nezhinskiy Evgeny Igorevich

undergraduate

Moscow state technological university «STANKIN», Moscow

Abstract. The article is devoted to the interconnection between the parameters of design, performance and operating conditions by the example of relationship cutting speed, depth of cut and wear resistance of the diamond segment cutting disc, and construction of incidence matrices, using established functional connections.

Key words: diamond segment cutting disc; cutting speed; wear resistance; incidence matrix; functional relationships.

В процессе резания особо твердых хрупких материалов алмазным отрезным кругом происходит износ инструмента. Чтобы минимизировать износ нужно определить оптимальные режимы резания: скорость резания, подача на один оборот круга и размер алмазного зерна, которым оснащены сегменты алмазного отрезного круга на гальванической связке.

Проанализировав научную литературу [1-31], удалось определить функциональные связи (ФС) между параметрами конструкции инструментов и показателями процесса формообразования реза в образцах(заготовках) из неметаллического материала (рис. 1).

Улучшение показателей эксплуатации алмазного отрезного круга состоит в следующем: нужно выявить связь эксплуатационных показателей с условиями эксплуатации и параметрами конструкции, изучить эти связи и найти оптимальное решение для каждого показателя.

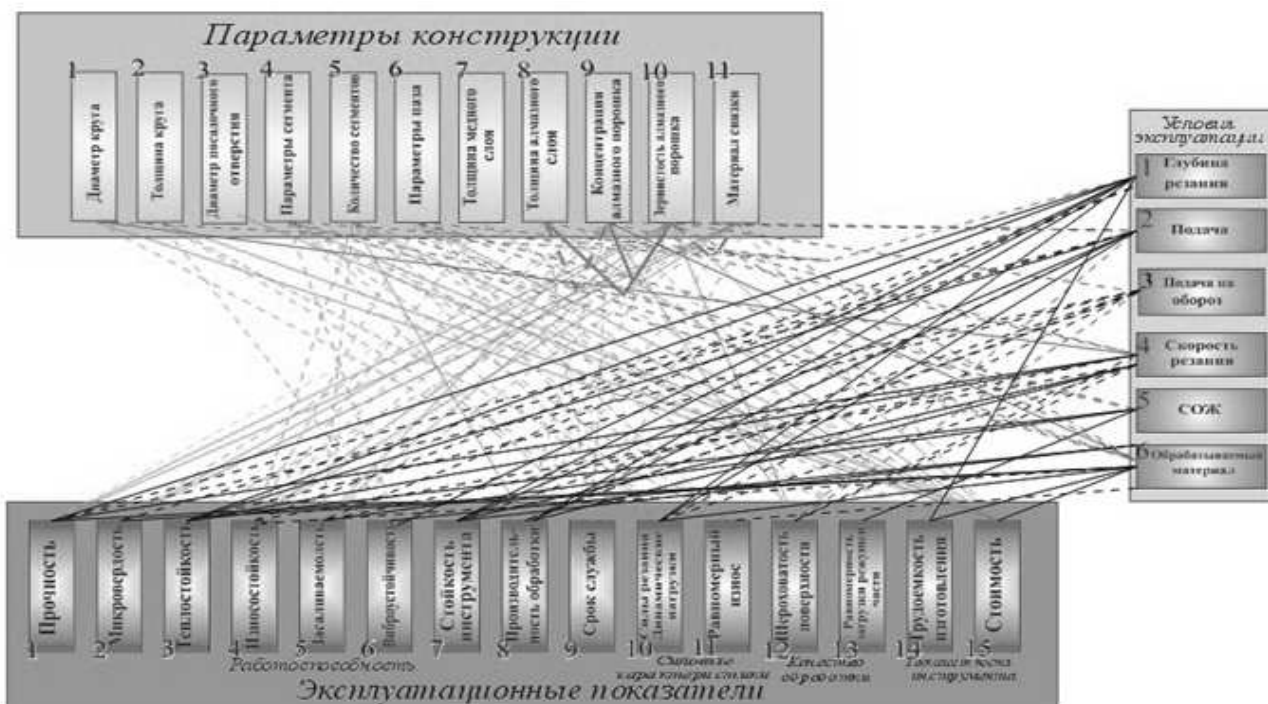


Рис. 1 Схема основных факторов и показателей процесса формообразования реза в заготовках из неметаллического материала алмазным отрезным кругом

Рассмотрим как происходит решение конкретной задачи по созданию сегментного круга с наибольшей скоростью резания. $f_1 - f_{11}$ – это параметры конструкции, а f_{15} – это интересующий нас параметр – скорость резания.

Решение матрицы заключается в том, что необходимо рассчитать только значения одной, 4, строки, которая будет соответствовать наибольшей скорости резания f_{15} , которая в свою очередь зависит от параметров конструкции сегментного круга $f_1 - f_{11}$.

$$M\Phi = \begin{pmatrix} f_1 & f_2 & f_3 & f_4 & f_5 & f_6 & f_7 & f_8 & f_9 & f_{10} & f_{11} \\ A_1^1 & A_2^1 & A_3^1 & A_4^1 & A_5^1 & A_6^1 & A_7^1 & A_8^1 & A_9^1 & A_{10}^1 & A_{11}^1 \\ A_1^2 & A_2^2 & A_3^2 & A_4^2 & A_5^2 & A_6^2 & A_7^2 & A_8^2 & A_9^2 & A_{10}^2 & A_{11}^2 \\ A_1^3 & A_2^3 & A_3^3 & A_4^3 & A_5^3 & A_6^3 & A_7^3 & A_8^3 & A_9^3 & A_{10}^3 & A_{11}^3 \\ \mathbf{A_1^4} & \mathbf{A_2^4} & \mathbf{A_3^4} & \mathbf{A_4^4} & \mathbf{A_5^4} & \mathbf{A_6^4} & \mathbf{A_7^4} & \mathbf{A_8^4} & \mathbf{A_9^4} & \mathbf{A_{10}^4} & \mathbf{A_{11}^4} \\ A_1^5 & A_2^5 & A_3^5 & A_4^5 & A_5^5 & A_6^5 & A_7^5 & A_8^5 & A_9^5 & A_{10}^5 & A_{11}^5 \\ A_1^6 & A_2^6 & A_3^6 & A_4^6 & A_5^6 & A_6^6 & A_7^6 & A_8^6 & A_9^6 & A_{10}^6 & A_{11}^6 \end{pmatrix} \begin{matrix} f_{12} \\ f_{13} \\ f_{14} \\ \mathbf{f_{15}} \\ f_{16} \\ f_{17} \end{matrix}$$

Задача станет сложнее при условии проектирования данного инструмента, который будет иметь не только наибольшую скорость резания, но и наибольшую глубину резания. Таким образом, необходимо будет произвести расчет уже не одной, а двух строк: 1 и 3 строки.

$$M\Phi = \begin{array}{c} \left(\begin{array}{cccccccccccc|c} f_1 & f_2 & f_3 & f_4 & f_5 & f_6 & f_7 & f_8 & f_9 & f_{10} & f_{11} & \\ \hline A_1^1 & A_2^1 & A_3^1 & A_4^1 & A_5^1 & A_6^1 & A_7^1 & A_8^1 & A_9^1 & A_{10}^1 & A_{11}^1 & f_{12} \\ \hline A_1^2 & A_2^2 & A_3^2 & A_4^2 & A_5^2 & A_6^2 & A_7^2 & A_8^2 & A_9^2 & A_{10}^2 & A_{11}^2 & f_{13} \\ \hline A_1^3 & A_2^3 & A_3^3 & A_4^3 & A_5^3 & A_6^3 & A_7^3 & A_8^3 & A_9^3 & A_{10}^3 & A_{11}^3 & f_{14} \\ \hline A_1^4 & A_2^4 & A_3^4 & A_4^4 & A_5^4 & A_6^4 & A_7^4 & A_8^4 & A_9^4 & A_{10}^4 & A_{11}^4 & f_{15} \\ \hline A_1^5 & A_2^5 & A_3^5 & A_4^5 & A_5^5 & A_6^5 & A_7^5 & A_8^5 & A_9^5 & A_{10}^5 & A_{11}^5 & f_{16} \\ \hline A_1^6 & A_2^6 & A_3^6 & A_4^6 & A_5^6 & A_6^6 & A_7^6 & A_8^6 & A_9^6 & A_{10}^6 & A_{11}^6 & f_{17} \end{array} \right) \end{array}$$

В данном случае необходимо сравнивать полученные результаты и их влияние на условия эксплуатации и на основании полученных результатов выбрать оптимальное решение. Но это одна из простейших задач, а если попробовать рассчитать износостойкость инструмента? Износостойкость будет зависеть не только от конструкции, но и от условий эксплуатации алмазного сегментного круга. Следовательно, наша матрица тоже будет учитывать больше зависимостей.

В приведенной матрице p_4 – износостойкость. Зависит она от таких параметров как: количество сегментов алмазного круга f_5 , параметров паза f_6 , толщины алмазоносного слоя f_8 , материала связки f_{11} , глубины резания f_{12} и т.д. При решении такого уравнения получается не один, а несколько результатов. И следует выбрать только те решения, которые оказывают наибольшее влияние на увеличение показателя износостойкости.

Наилучшим, то есть оптимальным решением такого уравнения будет вся область решений.

	p_1	p_2	p_3	p_4	p_5	p_6	p_7	p_8	p_9	p_{10}	p_{11}	p_{12}	p_{13}	p_{14}	p_{15}	
МФП=	B_1^1	B_2^1	B_3^1	B_4^1	B_5^1	B_6^1	B_7^1	B_8^1	B_9^1	B_{10}^1	B_{11}^1	B_{12}^1	B_{13}^1	B_{14}^1	B_{15}^1	f_1
	B_1^2	B_2^2	B_3^2	B_4^2	B_5^2	B_6^2	B_7^2	B_8^2	B_9^2	B_{10}^2	B_{11}^2	B_{12}^2	B_{13}^2	B_{14}^2	B_{15}^2	f_2
	B_1^3	B_2^3	B_3^3	B_4^3	B_5^3	B_6^3	B_7^3	B_8^3	B_9^3	B_{10}^3	B_{11}^3	B_{12}^3	B_{13}^3	B_{14}^3	B_{15}^3	f_3
	B_1^4	B_2^4	B_3^4	B_4^4	B_5^4	B_6^4	B_7^4	B_8^4	B_9^4	B_{10}^4	B_{11}^4	B_{12}^4	B_{13}^4	B_{14}^4	B_{15}^4	f_4
	B_1^5	B_2^5	B_3^5	B_4^5	B_5^5	B_6^5	B_7^5	B_8^5	B_9^5	B_{10}^5	B_{11}^5	B_{12}^5	B_{13}^5	B_{14}^5	B_{15}^5	f_5
	B_1^6	B_2^6	B_3^6	B_4^6	B_5^6	B_6^6	B_7^6	B_8^6	B_9^6	B_{10}^6	B_{11}^6	B_{12}^6	B_{13}^6	B_{14}^6	B_{15}^6	f_6
	B_1^7	B_2^7	B_3^7	B_4^7	B_5^7	B_6^7	B_7^7	B_8^7	B_9^7	B_{10}^7	B_{11}^7	B_{12}^7	B_{13}^7	B_{14}^7	B_{15}^7	f_7
	B_1^8	B_2^8	B_3^8	B_4^8	B_5^8	B_6^8	B_7^8	B_8^8	B_9^8	B_{10}^8	B_{11}^8	B_{12}^8	B_{13}^8	B_{14}^8	B_{15}^8	f_8
	B_1^9	B_2^9	B_3^9	B_4^9	B_5^9	B_6^9	B_7^9	B_8^9	B_9^9	B_{10}^9	B_{11}^9	B_{12}^9	B_{13}^9	B_{14}^9	B_{15}^9	f_9
	B_1^{10}	B_2^{10}	B_3^{10}	B_4^{10}	B_5^{10}	B_6^{10}	B_7^{10}	B_8^{10}	B_9^{10}	B_{10}^{10}	B_{11}^{10}	B_{12}^{10}	B_{13}^{10}	B_{14}^{10}	B_{15}^{10}	f_{10}
	B_1^{11}	B_2^{11}	B_3^{11}	B_4^{11}	B_5^{11}	B_6^{11}	B_7^{11}	B_8^{11}	B_9^{11}	B_{10}^{11}	B_{11}^{11}	B_{12}^{11}	B_{13}^{11}	B_{14}^{11}	B_{15}^{11}	f_{11}
	B_1^{12}	B_2^{12}	B_3^{12}	B_4^{12}	B_5^{12}	B_6^{12}	B_7^{12}	B_8^{12}	B_9^{12}	B_{10}^{12}	B_{11}^{12}	B_{12}^{12}	B_{13}^{12}	B_{14}^{12}	B_{15}^{12}	f_{12}
	B_1^{13}	B_2^{13}	B_3^{13}	B_4^{13}	B_5^{13}	B_6^{13}	B_7^{13}	B_8^{13}	B_9^{13}	B_{10}^{13}	B_{11}^{13}	B_{12}^{13}	B_{13}^{13}	B_{14}^{13}	B_{15}^{13}	f_{13}
	B_1^{14}	B_2^{14}	B_3^{14}	B_4^{14}	B_5^{14}	B_6^{14}	B_7^{14}	B_8^{14}	B_9^{14}	B_{10}^{14}	B_{11}^{14}	B_{12}^{14}	B_{13}^{14}	B_{14}^{14}	B_{15}^{14}	f_{14}
	B_1^{15}	B_2^{15}	B_3^{15}	B_4^{15}	B_5^{15}	B_6^{15}	B_7^{15}	B_8^{15}	B_9^{15}	B_{10}^{15}	B_{11}^{15}	B_{12}^{15}	B_{13}^{15}	B_{14}^{15}	B_{15}^{15}	f_{15}
	B_1^{16}	B_2^{16}	B_3^{16}	B_4^{16}	B_5^{16}	B_6^{16}	B_7^{16}	B_8^{16}	B_9^{16}	B_{10}^{16}	B_{11}^{16}	B_{12}^{16}	B_{13}^{16}	B_{14}^{16}	B_{15}^{16}	f_{16}
	B_1^{17}	B_2^{17}	B_3^{17}	B_4^{17}	B_5^{17}	B_6^{17}	B_7^{17}	B_8^{17}	B_9^{17}	B_{10}^{17}	B_{11}^{17}	B_{12}^{17}	B_{13}^{17}	B_{14}^{17}	B_{15}^{17}	f_{17}

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	1	0	1	1	0
5	0	0	0	1	1	0	1	0	1	1	0	1	1	1	0
6	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	1	0	1	1	0
7	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
8	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
9	1	1	1	1	1	0	0	1	1	0	0	1	0	1	0
10	1	1	1	1	1	0	1	1	0	0	0	1	0	0	1
11	1	1	1	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1
12	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	0	0	0	1	0
13	1	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0
14	1	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0
15	1	0	1	1	1	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0
16	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
17	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	0	1	1	1

а)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	1	0	0	1	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	1	0	0	0	1	1	0	0	0
5	0	0	0	0	0	1	0	0	0
6	1	0	0	0	1	1	0	0	0
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	0	0	0	1	0	0			1
9	0	1	1	1	0	1	1		
10	0	1	1	0	0	1		1	
11	0	1	1	0	0	1	0	0	1

б)

- 1 – полная формализация связи между факторами и показателями
- 1 – эмперическая связь между факторами и показателями
- 0 – формализация связи между факторами и показателями отсутствует

Рис. 2. Матрицы функциональных связей

Используя вышеприведенные схемы функциональных связей путем преобразования построена матрица инцидентий, которая показывает установленные связи между факторами процесса формообразования (рис. 2), а также матрица инцидентий связей между факторами и показателями процесса резания неметаллических особо твердых материалов алмазным сегментным отрезным кругом.

Элементы матриц представлены в виде клавиш разных цветов. Цвета определяют степень формализации установленных функциональных связей. Элементы матрицы обозначены цифрой 1 в случае, когда присутствует связь, и 0 когда связи нет.

Данное представление полученной системы позволяет дать оценку степени формализации и качеству используемых функциональных связей при резании неметаллических заготовок алмазным сегментным кругом.

Вышеприведенные матрицы инцидентий могут служить основой в направлении дальнейших исследований процесса резания алмазными сегментными кругами.

Список использованных источников

1. Петухов Ю.Е. Формообразование численными методами. М.: «Янус-К», 2004. 200 с.
2. Петухов Ю.Е., Домнин П.В. Формообразование фасонных винтовых поверхностей инструментов на основе применения стандартных концевых и торцевых фрез. М.: ФГБОУ ВПО МГТУ «СТАНКИН», 2012. 130 с.
3. Гречишников В.А., Колесов Н.В., Петухов Ю.Е. Математическое моделирование в инструментальном производстве. М.: МГТУ «СТАНКИН». УМО АМ, 2003. 116 с.
4. Петухов Ю.Е. Проектирование инструментов для обработки резанием деталей с фасонной винтовой поверхностью на стадии технологической подготовки производства: дис. ... д-ра тех. наук. М., 2004. 393 с.
5. Петухов Ю.Е., Колесов Н.В. Численные модели режущего инструмента для обработки сложных поверхностей // Вестник машиностроения. 2003. № 5. С. 61-63.
6. Петухов Ю.Е. Профилирование режущих инструментов среде T-flex CAD-3D // Вестник машиностроения. 2003. № 8. С. 67-70.
7. Петухов Ю.Е., Домнин П.В. Способ формообразования фасонной винтовой поверхности стандартным инструментом прямого профиля // Вестник МГТУ «СТАНКИН». 2011. № 3. С. 102-106.
8. Колесов Н.В., Петухов Ю.Е. Система контроля сложных кромок режущих инструментов // ИТО: Инструмент. Технология. Оборудование. 2003. № 2. С. 42-45.
9. Петухов Ю.Е., Домнин П.В. Компьютерная модель формообразования сложной поверхности // Международная научно-техническая конференция «Автоматизация: проблемы, идеи, решения». В 2 т. Тула, 2010. Т. 1. С. 197-200.

10. Колесов Н.В., Петухов Ю.Е., Баринов А.В. Компьютерная модель дисковых фасонных затылованных фрез // Вестник машиностроения. 1999. № 6. С. 57-61.
11. Домнин П.В., Петухов Ю.Е. Решение обратной задачи профилирования на базе схемы численного метода заданных сечений // Справочник. Инженерный журнал с приложением. 2011. № 11. С. 26-29.
12. Колесов Н.В., Петухов Ю.Е. Математическая модель червячной фрезы с протуберанцем // СТИН. 1995. № 6. С. 26-29.
13. Колесов Н.В., Петухов Ю.Е. Два типа компьютерных моделей режущего инструмента // СТИН. 2007. № 8. С. 23-26.
14. Петухов Ю.Е., Домнин П.В. Точность профилирования при обработке винтовой фасонной поверхности // СТИН. 2011. № 7. С. 14-17.
15. Петухов Ю.Е., Водовозов А.А. Математическая модель криволинейной режущей кромки спирального сверла повышенной стойкости // Вестник МГТУ «СТАНКИН». 2012. № 3. С. 28-32.
16. Петухов Ю.Е. Некоторые направления развития САПР режущего инструмента // СТИН. 2003. № 8. С. 26-30.
17. 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.
18. 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.
19. Петухов Ю.Е., Колесов Н.В., Юрасов С.Ю. Задачи по формообразованию при обработке резанием // Вестник машиностроения. 2014. № 3. С. 65-71.
20. Петухов Ю.Е., Домнин П.В. Компьютерное моделирование обработки винтовой канавки на заготовке концевой фрезы // Известия Мос-

ковского государственного технического университета МАМИ.
2011. № 2. С. 156-164.

21. Петухов Ю.Е. Способ шлифования фасонных валов. Патент на изобретение RUS 863310 04.05.1979.
22. Петухов Ю.Е. Устройство для правки фасонных шлифовальных кругов. Патент на изобретение RUS 823101 21.03.1979.
23. Петухов Ю.Е. Способ обработки цилиндрических поверхностей патент на изобретение RUS 904999 04.05.1979.
24. Петухов Ю.Е. Прибор для профилирования червячных фрез. Патент на изобретение RUS 878467 07.12.1978.
25. Petukhov Yu.E. Some directions of cutting tool cad system development // Russian Engineering Research. 2003. Т. 23. № 8. С. 72-76.
26. Petukhov Yu.E. Curvilinear cutting edge of a helical bit with uniform life // Russian Engineering Research. 2014. Т. 34. № 10. С. 645-648.
27. Kolesov N.V., Petukhov Yu.E. The mathematical model of a hob with protuberances // Russian Engineering Research. 1995. Т. 15. № 4. С. 71-75.
28. Petukhov Y.E., Domnin P.V. Shaping precision in machining a screw surface // Russian Engineering Research. 2011. Т. 31. № 10. С. 1013-1015.
29. Kolesov N.V., Petukhov Y.E. Computer models of cutting tools // Russian Engineering Research. 2007. Т. 27. № 11. С. 812-814.
30. Petukhov Y.E., Movsesyan A.V. Determining the shape of the back surface of disc milling cutter for machining a contoured surface // Russian Engineering Research. 2007. Т. 27. № 8. С. 519-521.
31. Petukhov Yu.E., Kolesov N.V., Yurasov S.Yu. Geometric shaping in cutting // Russian Engineering Research. 2014. Т. 34. № 6. С. 374-380.