

5th the International Conference
on Science and Technology 2015

MECHANICAL ENGINEERING

Soler Ya.I., Nguyen M.T.

OPTIMIZATION HARDNESS OF HIGH-STRENGTH OF NITRIDE- BORON WHEELS AT THE PENDULUM GRINDING OF PARTS MADE FROM STEEL 13H15N5AM3 BY CRITERION MACROGEOMETRY

Soler Ya.I., Candidate of Technical Sciences, associate
professor, Irkutsk National Research Technical University,
Russian Federation

Nguyen M.T. Postgraduate, Irkutsk National Research
Technical University, Russian Federation

Abstract

Researched circles high-strength wheels (HSW) CBN30 B126 100 (O, M, L) VK27-KF40 for grinding of parts made from steel 13H15N5AM3 widely used in the stressed parts of aircraft, subject to atmospheric exposure. Statistical method eliminates the possibility of a comprehensive analysis of the output parameters of the process. Modeling in MATLAB possible to establish that the minimum measures position and scattering parameters flatness (GOST 24642-81): EFE_{max} , EFE_{av} , EFE_q - provide a medium soft (L) HSW.

Keywords: pendulum grinding, accuracy form, statistics, fuzzy logic, desirability function.

Введение

Шлифование является процессом окончательной обработки ответственных высоконагруженных деталей,

**5th the International Conference
on Science and Technology 2015**

точность которых является одной из важнейших характеристик качества изготовления изделий в машиностроении. Точность формы плоских деталей характеризуется отклонениями от плоскостности (ГОСТ 24642-81): наибольшим EFE_{max} (основным), средним арифметическим EFE_a и средним квадратичным EFE_q , которые относятся к вспомогательным показателям. Эти параметры являются нелинейными, взаимозависимыми и трудно поддаются качественной оценке с высокой точностью. Таким образом, физические модели получить не представляется возможным, а их экспериментальные аналоги не могут быть исчерпывающими и имеют ограниченную применимость. По этой причине решено привлечь нечеткую логику, позволяющую проанализировать большое количество переменных шлифования и охватить широкий диапазон технологических условий.

Нечеткая логика относится к перспективному направлению развития кибернетики, которое предложено и развито *L. A. Zadeh* [1]. Нечеткая логика равнозначна теории нечетких множеств A_i , т.е. классов с размытыми границами, представленными совокупностями упорядоченных пар, составленных из элементов y_i универсальных множеств $\{Y_i\}$ и соответствующих степеней принадлежности $\mu_A(y_i)$:

$$A_i = \{ (y_i, \mu_A(y_i)) | y_i \in \{Y_i, j\}, v = \overline{1, n} \}.$$

В данной работе предложено использовать нечеткие модели для выбора оптимальной твердости высокопористых кругов (ВПК) при маятниковом шлифровании деталей из высокопрочной коррозионно-стойкой стали 13X15H5AM3 (ВНС-5) с механическими свойствами: $\sigma_{\sigma} = 1330 - 1650$ МПа, $\delta = 15$ %, $E = 220$ ГПа [2], которая широко применяется для ответственных деталей летательных аппаратов, подверженных атмосферному воздействию. Критерием оптимизации шлифования служит комплекс показателей отклонений от плоскостности, каждый из которых оценивается мерами положения и рассеяния, стремящимися к минимуму.

Методика эксперимента. Натурные опыты проведены при следующих постоянных условиях: плоскошлифовальный станок модели 3Е711В; круги формы 1А1 с размерами $200 \times 20 \times 76 \times 5$ мм (ГОСТ Р 53923-2010); технологические параметры – скорость резания $v_k = 28$ м/с, продольная подача $s_{пр} = 6$ м/мин, поперечная подача $s_{п} = 4$ мм/дв.ход, глубина резания $t = 0,01$ мм, операционный припуск $z = 0,1$ мм, СОЖ–5%-ая эмульсия Аквол-6 (ТУ 0258-024-0014842-98), подаваемая поливом на заготовку в количестве 7-10 л/мин; число

**5th the International Conference
on Science and Technology 2015**

дублирующих опытов $n=30$. Объект исследования – образцы из стали ВНС-5 с размерами $B \times L \times H = 70 \times 40 \times 50$ мм, шлифуемые по торцу $B \times L$. Индекс $I = \overline{1; 3}$ отражает характеристики ВПК: 1-СВН30 В126 100 ОVK27-КФ40; 2-СВН30 В126 100 MVK27-КФ40; 3-СВН30 В126 100 LVK27-КФ40 (ГОСТ Р 53922-2010, ГОСТ Р 53923-2010). ВПК различаются своими твердостями: O – среднетвердая, M – средняя, L – среднемягкая. Методика поиска показателей отклонений от плоскостности (ГОСТ 24642-81): $EFE_{max}, EFE_{av}, EFE_q$ – изложены в работе [3].

Особенностью процесса шлифования является то, что режущие способности ВПК не представляется возможным представить детерминированной величиной, как при лезвийной обработке. Сказанное обусловлено тем, что абразивные зерна в инструменте имеют произвольную форму, хаотическое расположение в связке, разновысотность в радиальном направлении, различное количество активных зерен и режущих кромок на единицу площади его контакта при врезании в заготовку. Изложенное позволяет рассматривать наблюдения непрерывными случайными величинами (СВ), а их поведение оценивать на базе теоретико-вероятностных подходов. В этом случае целесообразно представлять экспериментальные данные в виде независимых множеств $l = \overline{1; k}$:

$$\{y_{lv}\}, v = \overline{1; 30}, \quad (1)$$

где v – количество параллельных опытов.

Статистические методы разделяются на две группы: параметрическую и непараметрическую, в частности ранговую. Каждая из них имеет «свое поле» [4] для эффективного применения. В первом случае необходимо обеспечить выполнение двух ограничений, накладываемых на СВ: однородность дисперсий отклонений и нормальность распределений. Изложенные требования при шлифовании чаще всего нарушаются в той или иной мере, что может сопровождаться значимым смещением оценок, доверительных границ и коэффициентов доверия [4]. В такой ситуации целесообразно привлекать непараметрический метод, который не связан с конкретным семейством распределений и не использует его свойств. СВ оцениваются следующими одномерными распределениями частот [6-7], ГОСТ Р 5725-2-2012:

-мерами положения (опорными значениями)

$$\text{средними } \bar{y}_l = y_{l \bullet}, \quad (2)$$

$$\text{медианами } \tilde{y}_l; \quad (3)$$

**5th the International Conference
on Science and Technology 2015**

- мерами рассеяния (прецизионностью) стандартами отклонений SD_l , (4)

$$\text{размахами } R_l = (y_{\max} - y_{\min})_l, \quad (5)$$

$$\text{квартильными широтами } KШ_l = (y_{0,75} - y_{0,25})_l \quad (6)$$

Из теоретической статистики известно, что на одномерных распределениях частот (2), (4), (5) базируется параметрический метод, а на (3), (6) – ранговые статистики. Принятие нуль-гипотез (H_0) на однородность дисперсий отклонений и нормальность распределений рассмотрены в [6;8]. Для снижения трудоемкости статистических расчетов в работе привлечена программа *Statistica* 6.1.478.0.

Реализация процесса моделирования нечеткой логики для (2)-(6) проведено в среде *MATLAB* с использованием специального пакета расширения *Fuzzy Logic Toolbox*. Последний обладает простым и хорошо продуманным интерфейсом, позволяющим легко проектировать и диагностировать нечеткие модели [9-13]. Для оценки точности формы деталей использована функция желательности d , предложенная Харрингтоном [13].

Результаты исследования и их обсуждение. Результаты одномерного дисперсионного анализа показали, что нарушена однородность дисперсий отклонений для кругов $l = \overline{1;3}$. Второе требование для использования параметрического метода относительно нормальности распределений для каждого из ВПК также не обеспечено. В связи с изложенным исследование проведено с привлечением непараметрического метода статистики, характеристиками одномерного распределения которого служат (3) и (6). Полученные результаты наблюдений приведены в таблице 1. При моделировании в среде *MATLAB* их принято рассматривать входными данными процесса моделирования.

Таблица 1. Входные данные качества поверхности деталей для моделирования нечеткой логики

Круг $l = \overline{1;3}$.	Параметры качества					
	EFE_{\max} , мкм		EFE_{al} , мкм		EFE_{ql} , мкм	
	\tilde{y}	КШ	\tilde{y}	КШ	\tilde{y}	КШ
1	17,5	7,0	9,00	6,25	10,13	6,59
2	15,0	3,0	7,50	2,50	8,63	2,97
3	15,0	4,0	7,17	1,50	8,51	2,08

Примечание. Круги CBN30 B126 100 VK27-КФ40, l : 1- O, 2-M, 3-L

**5th the International Conference
on Science and Technology 2015**

Методы статистики не позволяют вести анализ качества шлифования одновременно по многим параметрам, что является большим их недостатком. В связи с изложенным апробирована целесообразность применения метода нечеткой логики для создания экспертной системы классификации кругов по всем исследуемым параметрам с учетом опорных значений и прецизионности. Для этого на вход системы подаются атрибуты параметров EFE_{max} , EFE_{a1} , EFE_{a2} , учитывающие величины по (3) и (6), а выходом служат оценки точности формы деталей. Полученные результаты отражены в таблице 2.

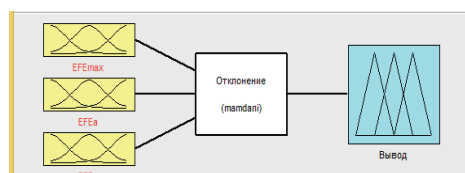
Таблица 2. Результаты нечеткой логики по выбору твердости ВПК для каждого из исследуемых параметров

Круг l	Функция желательности d_l		
	EFE_{max} , мкм	EFE_{a1} , мкм	EFE_{a2} , мкм
1	0,158	0,108	0,124
2	0,842	0,713	0,875
3	0,816	0,891	0,892

Примечание. Твердость l : 1- O, 2- M, 3- L

По предварительным данным по атрибутам отклонений от плоскостности (2) и (6) наилучшие результаты показаны ВПК $l=3$, т.е. при твердости L (среднемягкой).

По результатам, представленным в таблице 2, создана общая модель для выбора твердости ВПК $l = \overline{1; 4}$ в условиях одновременного снижения мер положения и рассеяния по всем параметрам отклонений от плоскостности. Модель содержит четыре переменные: три входные и одно выходное (рисунок). Значение каждой переменной входа представлено числовым диапазоном [0; 1], классифицированным тремя классами.



Система комплексной оценки параметров качества деталей по всем параметрам отклонений от плоскостности

**5th the International Conference
on Science and Technology 2015**

Функция принадлежности для выходной переменной «Вывод» представлена пятью категориями качества шлифованных деталей (таблица 3).

Таблица 3. Параметры «Оценка» при поиске оптимальной твердости ВПК по комплексной оценке качества шлифованных деталей

Вид оценки	Параметры выхода					
	лингвистическая	очень плохо	плохо	удовлетворительно	хорошо	очень хорошо
числовая d	[0,0; 0,2)	[0,2; 0,37)	[0,37; 0,63)	[0,63; 0,80)	[0,8; 1,00]	

Полученные результаты по влиянию твердости ВПК на комплексную оценку точности формы деталей из коррозионно-стойкой стали ВНС-5 представлены в таблице 4.

Моделирование нечеткой логики позволило установить, что ВПК с твердостью L (среднемягкой) в наибольшей мере обеспечивают многокритериальную оптимизацию отклонений от плоскостности поверхностей деталей по опорным величинам и прецизионности, которые подтвердили предварительные результаты (таблица 2).

Таблица 4. Влияние зернистости ВПК на комплексную оценку точности формы деталей

Твердость ($l = \overline{1;3}$)	d_l	Вывод
O (1)	0,101	Очень плохой
M (2)	0,800	Хороший
L (3)	0,876	Очень хороший

Выводы

1. Точность формы является одной из важнейших характеристик качества изготовления изделий в машиностроении. Она характеризуется большим количеством параметров, которые являются нелинейными, взаимозависимыми и трудно поддаются качественной оценке с высокой точностью с использованием методов статистики.

2. По результатам моделирования нечеткой логики в среде MATLAB установлено, что ВПК СВН30 В126 100 LVK27-КФ40 при шлифовании плоских деталей из высокопрочной

**5th the International Conference
on Science and Technology 2015**

коррозионной стали 13X15H5AM3 обеспечивают наилучшее качество шлифованных деталей по комплексной оценке точности формы.

References

- [1] Zadeh L.A. Fuzzy logic. // IEEE Transactions on Computers, 1988. vol. 21. №4. pp. 83–93.
- [2] Balla O.M. Frezy i frezerovaniye // O.M. Balla [i dr.]. Irkutsk: Izdatel'stvo IrGTU, 2006. -172 s.
- [3] Soler Ya.I., Nguyen V.L. Selection of synthesis corundum Crain in Grinding flat parts from hardened steel 30ChGSA the macrogeometry criterion // Applied mechanics and material/ Vol. 788, 2015. pp 95-101.
- [4] Hollander M., Wolfe D.A. Nonparametric statistical methods, Second Edition // Wiley-Interscience, 1999. 787 p.
- [5] Zaks, L. Statisticheskoye otsenivaniye // Per. s nem. M.: Statistika, 1976. 598 s.
- [6] Uiller D., Chambers D. Statisticheskoye upravleniye protsessami // Per. s angl. M.: Al'pina Biznes Buks, 2009. 469 s.
- [7] Soler Ya.I., Kazimirov D.Yu. Selecting abrasive wheels for the plane grinding of airplane parts of the basis surface roughness // Russian engineering research, 2010, vol.30, No.3. p 251-261.
- [8] Ali Y.M., Zhang L.C. Surface roughness prediction of ground components using a fuzzy logic approach // Journal of Materials Processing Technology, 1999. p. 561–568.
- [9] Ali Y.M., Zhang L.C. A fuzzy model for predicting burns in surface grinding of steel // Int J Mach Tool Manu 44, 2004. 563 p.
- [10] Vyatchenin D.A. Nechetkiye metody avtomaticheskoy klassifikatsii: Monografiya. Minsk: UP Tekhnoprint, 2004. 219 s.
- [11] Kofman A. Vvedeniye v teoriyu nechetkikh mnozhestv // Per. s frants. M.: Radio i svyaz', 1982. — 432 c.
- [12] Leonenkov A.V. Nechetkoye modelirovaniye v srede MATLAB i FuzzyTech. SPb.: BKHV-Peterburg, 2005. 736 s.
- [13] Harrington E.C. The desirability function // Industrial Quality Control, 1965, vol 21, p 494-498.