

The assessment sandability aluminum alloys 1933T2 and V95ochT2 highly porous wheel for Norton 37C46K12VP steps parameters microroughnesses
Soler Y.¹, Nguyen Ch.² (Russian Federation)

Оценка шлифуемости алюминиевых сплавов 1933T2 и B95очT2 высокопористым кругом Norton 37C46K12VP по шаговым параметрам микронеровностей
Солер Я. И.¹, Нгуен Чи Киен² (Российская Федерация)

¹Солер Яков Иосифович / Soler Yakov – кандидат технических наук, доцент;

²Нгуен Чи Киен / Nguyen Chi Kien – аспирант,
кафедра технологии машиностроения,

Иркутский национальный исследовательский технический университет, г. Иркутск

Аннотация: представлены результаты исследования влияния шлифования кругом Norton 37C46K12VP на шаговые параметры микрорельефа деталей из высокопрочных алюминиевых сплавов.

Abstract: the effect of grinding circle Norton 37C46K12VP steps parameters microrelief detail of high-strength aluminum alloys.

Ключевые слова: шлифование, средний шаг неровностей, средний шаг местных выступов, мера положения, мера рассеяния, абразивный круг.

Keywords: grinding, average steps of roughness, average steps of projections, measure of provisions, measure of dispersion, abrasive wheel.

УДК 621.923.1

Шлифование является наиболее производительным и распространённым методом обеспечения высоких показателей точности и качества обрабатываемых поверхностей, что позволяет ему решать проблему обеспечения установленных технических требований к деталям. Многие учёные занимаются данной проблемой и ими выделены наиболее главные параметры, определяющие качество обработанных поверхностей деталей после шлифования: шероховатость и глубина дефектного слоя. Шероховатость является наиважнейшим показателем топографии поверхности, к которой предъявляются высокие требования при изготовлении ответственных высоконагруженных агрегатов авиационной техники из алюминиевых сплавов. Сказанному отвечают высокопрочные алюминиевые сплавы, например: 1933T2 ($\sigma_s = 480 - 490$ МПа, $\sigma_{sp} = 175$ МПа, $K_{1c} = 42 - 44$ МПа·м^{1/2}), B95очT2 ($\sigma_s = 500 - 550$, $\sigma_{0,2} = 430 - 480$ МПа, $K_{1c} = 34 - 36$ МПа·м^{1/2}) и др. [8]. Среди регламентированных параметров шероховатости наиболее изученными являются высоты микрорельефа [2]: R_a , R_q , R_z , R_{max} . Технологические методы и приёмы управления шагами S и S_m разработаны крайне слабо. Имеется информация по их влиянию на эксплуатационные свойства деталей [4], которая в большей мере касается средних шагов. С их уменьшением возрастают: контактная жёсткость, прочность, в том числе при знакопеременных нагрузках, виброустойчивость, теплопроводность и герметичность. Роль шагов местных выступов представлена более скромно и ограничивается влиянием на фактическую площадь контакта сопряжённых поверхностей.

Методика экспериментального исследования. В работе приняты следующие условия реализации опытов: плоскошлифовальный станок модели 3Г71М, высокопористый круг (ВПК) Norton 01 250×20×76 из карбида кремния чёрного 37C46K12VP, окружная скорость резания $U_k = 35$ м/с; продольная подача $S_{пр} = 7$ мм/мин; глубина резания $t = 0,015$ мм, поперечная подача $S_{п} = 1$ мм/дв. ход; операционный припуск $z = 0,15$ мм; СОЖ - 5 % - ная эмульсия Аквол-6 (ТУ 0258-024-00148843-98), подаваемая поливом на деталь (7-10 л/мин). Образцы с размерами $B \times B \times H = 40 \times 40 \times 47$ мм, шлифуемые по площади $B \times B$. Индекс $i = \overline{1; 2}$ характеризует материал деталей из алюминиевых сплавов: 1 - B95очT2, 2- 1933T2. Число дублирующих опытов $n = 30$ ($v = \overline{1; 30}$). Параметры шероховатости: $(S, S_m)_{di}$ – измерены с помощью системы на базе профилографа – профилометра модели 252 завода «Калибр» в двух взаимно ортогональных направлениях $d = \overline{1; 2}$: 1- параллельном вектору $S_{п}$, 2 - параллельном вектору $S_{пр}$.

Учитывая неустойчивость процесса шлифования и случайную природу формирования выходных параметров их целесообразно изучать с привлечением статистических подходов. В этом случае экспериментальные данные целесообразно представить в виде независимых множеств $i = \overline{1; 2}$:

$$\{y_{div}\}, d = \overline{1; 2}, v = \overline{1; 30}. \quad (1)$$

Статистическая обработка (1) связана с большим объёмом вычислений и проведена в программной среде Statistica 6.1.478.0. В технических приложениях используются два метода изучения (1): параметрический и непараметрический (в частности, ранговый). При этом привлекаются следующие характеристики

одномерного распределения частот (1) [3, 7, 9]: для первого направления – средние $\overline{y}_{di} = y_{di\bullet}$, стандарты отклонений $(SD)_{di}$, размахи $R_{di} = |y_{\max} - y_{\min}|_{di}$; для второго направления – медианы $\tilde{y}_{di}$, квартильные широты $KШ_{di} = |y_{0,75} - y_{0,25}|_{di}$. Первая частота характеризует меру положения (опорное значение), а последующие – меры рассеяния (прецизионность). При различии между $y_{di\bullet}$ и $\tilde{y}_{di}$ форма кривой распределения имеет асимметрию, которая приближённо вычисляется из выражения: $As_{di} = [3(y_{\bullet} - \tilde{y})/SD]_{di}, d = i = \overline{1; 2}$, рассматриваемого при одноименных d и i .

Влияние непараметрического метода на сдвиг опорных значений оцениваем медианными коэффициентами при одноименных $d = i = \overline{1; 2}$ [5]:

$$K_{mdi} = (m\hat{y} / \hat{y}_{\bullet})_{di} \quad (2)$$

Оценку обрабатываемости сплава $i = 2$ относительно базового В95очТ2 ($i = 1$) ведём для обеих характеристик одномерного распределения частот (1) при одноименных $d = \overline{1; 2}$ [5, 6]:

$$K_{di} = (\tilde{y}_2 / \tilde{y}_1)_d, \quad (3)$$

$$\hat{K}_{di} = (m\hat{y}_2 / m\hat{y}_1)_d, \quad (4)$$

$$K_{CTdi1} = (SD_1 / SD_2)_d, \quad (5)$$

$$K_{CTdi2} = (R_1 / R_2)_d, \quad (6)$$

$$K_{CTdi3} = (KШ_1 / KШ_2)_d, \quad (7)$$

где индексы $j = \overline{1; 3}$ в (5) – (7) отражают принятые меры рассеяния: 1– SD_{di} , 2– R_{di} – для параметрических статистик; 3 – $KШ_{di}$ – для ранговых статистик. Если предсказаны: $(K_{di}, \hat{K}_{di}) > 1$ и $K_{CTdij} < 1$, то меры положения и рассеяния шероховатостей при шлифовании сплава $i = 2$ превышают соответствующие аналоги для базового сплава В95очТ2 ($i = 1$), уступая тем самым ему по обрабатываемости шлифованием.

Результаты исследования и их обсуждение. Статистический анализ наблюдений показал, что все стандарты отклонений $(SD)_{di}^2, d = i = \overline{1; 2}$ характеризуются неоднородностью, а кривые плотности распределений вероятности не представляется возможным аппроксимировать кривой нормального распределения, за исключением шага S_{1i} , полученного при шлифовании обоих сплавов (Рис.1). В связи с этим необходимо воспользоваться статистическими решениями, предсказанными непараметрическим методом. Результаты параметрического метода, приведённые ниже, следует рассматривать в качестве вспомогательных. Последнее сделано для подтверждения их недостаточной мощности «на чужом поле» [7].

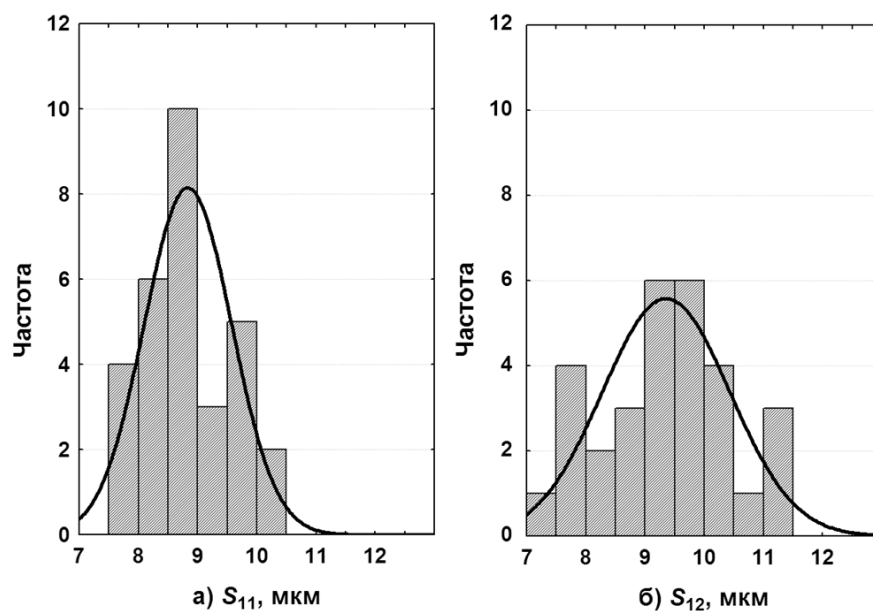


Рис. 1. Гистограммы с наложением кривых нормального распределения для параметров S_{1i} при шлифовании сплавов В95очТ2 (а) и 1933Т2 (б)

В табл.1 представлены опытные и ожидаемые меры положения шаговых параметров шероховатости в полном объеме. Опытные меры положения проанализируем в трёх аспектах: по (2) при постоянных i и d ; по (3) при $d = C$ и переменной i ; по (3) при $i = C$ и переменной d .

Таблица 1. Оценка шлифуемости алюминиевых сплавов по мерам положения шаговых параметров шероховатости

Параметр	Сплав i	$\bar{y}_i$	$\tilde{y}_i$	$\hat{y}_i$	$m\hat{y}_i$	K_{mdi}	K_{di}	$\hat{K}_{di}$
		МКМ				(2)	(3)	(4)
S_1	1	8,825(10)	8,731(10)	8,825(10)	8,731(10)	0,99	1,00	1,00
	2	9,342(10)	9,276(10)	9,342(10)	9,27(10)	0,99	1,06	1,06
S_{m1}	1	76,250(80)	73,554(80)	79,155(80)	74,876(80)	0,95	1,00	1,00
	2	82,060(100)	76,199(80)				1,04	
S_2	1	6,775(8)	6,590(8)	7,006(8)	6,863(8)	0,98	1,00	1,00
	2	7,237(8)	7,135(8)				1,08	
S_{m2}	1	79,971(80)	66,981(80)	81,865(80)	72,34(80)	0,88	1,00	1,00
	2	83,758(100)	77,699(80)				1,16	
Примечание. В скобках указаны КВ [2]; Сплавы i : 1 – В95очТ2; 2 – 1933Т2								

В первом случае при шлифовании обоих сплавов все опытные медианы, за исключением параметра S_{m22} , оказались меньше средних в пределах категориальной величины (КВ) [2]. Для средних шагов в продольном направлении S_{m22} при шлифовании деталей 1933Т2 различие в шагах возросло до одной КВ: $\tilde{y}_{22}=77,7(80)$ мкм и $\bar{y}_{22}=83,76(100)$ мкм. На втором этапе рассмотрения мер положения обнаружено, что по опытным медианам все (3) оказались больше единицы: $K_{12}=1,04-1,06$; $K_{22}=1,08-1,16$, т. е. по опытным медианам шаги S_{12} , S_{m12} для сплава 1933Т2 оказались больше, чем их аналоги для деталей В95очТ2. По прогнозируемым медианам все (4), за исключением $K_{12}=1,06$ для шага S_{12} , предсказаны равными единице, т. е. на 5%-ом уровне ожидаемые медианы $S_i, S_{2i}, i = \overline{1;2}$ извлечены из общих генеральных совокупностей и оцениваются общими величинами.

Влияние расположения шагов в сечениях $d = \overline{1;2}$ при постоянной i в таблице не представлено. Оно дополнительно рассчитано: $\tilde{S}_{11}/\tilde{S}_{21}=1,32$; $\tilde{S}_{12}/\tilde{S}_{22}=1,3$; $\tilde{S}_{m21}/\tilde{S}_{m11}=0,91$; $\tilde{S}_{m22}/\tilde{S}_{m12}=1,02$. Представленные результаты показывают, что поперечные шаги по вершинам оказались больше своих продольных аналогов в 1,3-1,32 раза. По прогнозируемым средним шагам оно представлено величиной $m\tilde{S}_{11}/m\tilde{S}_{22}=1,35$. Полученные результаты по шагам S_1 и S_2 оказались близкими к тем, которые имеют место при шлифовании других материалов. Получено, что в обоих направлениях $d = \overline{1;2}$ они оказались практически равными и характеризуются для обоих сплавов величиной $m\hat{S}_2/m\hat{S}_1=0,97$. Известно, что для стальных заготовок продольные средние шаги всегда превышают свои поперечные аналоги не менее чем в 1,4 – 1,9 раза [10].

Таблица 2. Оценка шлифуемости деталей из алюминиевых сплавов по мерам рассеяния

Параметр	Сплав i	SD_{di}	R_{di}	$KIII_{di}$	K_{CTj}		
		мкм			$j=1$ (6)	$j=2$ (7)	$j=3$ (8)
S_1	1	0,734	2,759	1,1	1,00	1,00	1,00
	2	1,073	3,991	1,5	0,68	0,69	0,73
S_{m1}	1	24,110	91,453	30,748	1,00	1,00	1,00
	2	23,306	94,606	25,687	1,03	0,97	1,20
S_2	1	1,159	4,434	1,612	1,00	1,00	1,00
	2	1,255	5,937	1,444	0,92	0,75	1,12
S_{m2}	1	29,721	114,161	39,071	1,00	1,00	1,00
	2	42,366	235,752	38,644	0,70	0,48	1,01
Примечание. Сплавы i : 1 – В95очТ2; 2 – 1933Т2							

формирования шагов отдан КШ. В табл. 2 коэффициенты (6) – (8), характеризующие влияние марок сплава

В условиях нарушений гомоскедастичности и нормальности распределений для большинства выходных параметров процесса приоритет при оценке прецизионности

на прецизионность формирования шагов, просчитаны по всем мерам рассеяния. В практическом отношении нас интересуют величины этих коэффициентов: если они предсказаны больше единицы, то базовый вариант по прецизионности процесса уступает альтернативному, а в противном случае – его превосходит. С позиций статистики данные, представленные в табл. 2, позволяют констатировать, что отсутствует 100%-ная уверенность в надёжности использования параметрических мер рассеяния «на чужом поле». В первом случае коэффициенты стабильности различаются на так называемом «качественном уровне». Под этим подразумеваем результаты, когда все коэффициенты (6) – (8) представлены величинами, предсказанными одновременно больше или меньше единицы. В этом случае в табл. 2 детали из сплава В950чТ2 исключены из рассмотрения, поскольку этот сплав является базовым и принят в качестве начала отсчета. Так, для сплава 1933Т2 отмеченная ситуация сложилась для шагов S_{12} . При этом коэффициенты стабильности оказались очень близкими: $K_{CT12j} \in [0,68; 0,73]$, $j = \overline{1; 3}$. Для остальных шагов оценки различаются по характеру самой прецизионности. Наиболее ярко сказанное выражено для шага S_{22} : по (8) стабильность шлифования сплава 1933Т2 предсказана выше, чем базовых деталей $i = 1$, а по (6) – (7) – напротив, оказалось ниже. Таким образом, меры рассеяния параметрического метода: SD_i, R_i - «на чужом поле» показали свою несостоятельность. По КШ_{di} для параметров $S_{22}, Sm_{d2}, d = \overline{1; 2}$ большая стабильность процесса ожидается для деталей из сплава 1933Т2.

Параметрические оценки мер рассеяния: SD_{di} и R_{di} - коррелированы между собой [3, 6]. При этом размахи используются в производственных условиях чаще дисперсий отклонений при управлении точностью обработки по контрольным картам Шухарта и обеспечивают снижения объёма вычислений.

Выводы

1. В условиях нарушений гомогендастичности и нормальности распределений привлечение непараметрического метода статистики оказалось оправданным.

2. По мерам положения детали из сплавов $i = \overline{1; 2}$ характеризуются общими ожидаемыми медианами, за исключением параметра S_1 .

3. Шаги по выступам в поперечном направлении предсказаны на 30 % больше, чем в продольном. Это соответствует общим закономерностям их формирования при шлифовании деталей из сталей. Относительно средних шагов выявлены новые тенденций, отмеченные снижением их анизотропности в двух взаимно ортогональных направлениях $d = \overline{1; 2}$.

4. По КШ_{di} для параметров $S_{22}, Sm_{d2}, d = \overline{1; 2}$ большая прецизионность шлифования предсказана для деталей из сплава 1933Т2.

Литература

- ГОСТ 25142-82. Шероховатость поверхности. Термины и определения. Введ. 01.01.1983. М.: Изд-во стандартов, 1982. 20 с.
- ГОСТ 2789-73. Шероховатость поверхности. Параметры, характеристики и обозначения. Введ. 01.11.1975. Взамен ГОСТ 2789-1959. М.: Изд-во стандартов, 1973. 10 с.
- Закс Л. Статистическое оценивание / пер. с нем. М.: Статистика, 1976. 598 с.
- Кремь З. И., Юрьев В. Г., Бабошкин А. Ф. Технология шлифования в машиностроении; под общ. ред. З. И. Кремня. СПб: Политехника, 2007. 424 с.
- Солер Я. И., Небого С. С., Доморат А. А. Прогнозирование шероховатости поверхностей плоских деталей из закаленной стали 30ХГСА при различном задании поперечной подачи в условиях маятникового шлифования высокопористым синтеркорундом. Вестник ИрГТУ, 2013. № 7 (78). С. 22-31.
- Уилер Д., Чамберс Д. Статистическое управление процессами/ пер. с англ. М.: Альпина Бизнес Букс, 2009. 409 с.
- Холлендер М., Вулф Д. Непараметрические методы статистики/ пер. с англ. М.: Финансы и статистика, 1983. 506 с.
- Сенаторова О.Г., Грушко О.Е. Новые высокопрочные алюминиевых сплавы и материалы. [Электронный ресурс]. Режим доступа: URL: <http://viam.ru/public/files/2006/2006-204669.pdf>. (дата обращения: 15.04.2015).
- ГОСТ Р ИСО 5726-1-2002. Точность (правильность и прецизионность) методов и результатов измерения. Ч.1. Основные понятия и определения. Введ. 01.11.2002. М.: Изд-во стандартов, 2002. 24 с.
- Солер Я.И., Шустов А.И., Прокопьева А.В. Предсказание средних шагов шероховатости при маятниковом шлифовании быстрорежущих пластин Р12Ф3К10М3 нитридборовыми кругами высокой пористости // Актуальные проблемы в машиностроении: мат. I междуна. научно-практ. конф. (г. Новосибирск, 26 марта 2014 г.). Новосибирск: НГТУ, 2014. С. 279-285.