

## УДК 621.92.01



**В.П. Ларшин,**  
д.т.н., професор,  
Одеський  
національний  
політехнічний  
університет  
e-mail:  
vplarshin@rambler.ru



**Н.В. Лищенко,**  
доцент,  
Одеський  
національний  
політехнічний  
університет  
e-mail:  
odmnv@rabler.ru

## ТЕМПЕРАТУРА МАКРО - И МИКРОПРЕРЫВИСТОГО ШЛИФОВАНИЯ

*В.П. Ларшин, Н.В. Лищенко.*

**Температура макро – и микропрерывистого шлифования.** Выполнен анализ максимальной поверхностной температуры при макро - и микропрерывистом шлифовании соответственно для макро – и микропрерывистой рабочей поверхности шлифовальных кругов при прочих равных условиях в интервале соответствующего изменения геометрических параметров прерывистости.

*V.P. Larshin, N.V. Lishchenko.*

**Macro and micro discontinued grinding temperature.** An analysis of maximal superficial temperature is executed at macro and micro discontinued grinding accordingly for macro and micro discontinued working surface, other things being equal, in the interval of corresponding discontinuity geometrical parameters changing.

В статье "Определение температуры шлифования при импульсном тепловом потоке" (авторы Ларшин В.П., Лищенко Н.В.) были получены расчетные формулы для определения температуры шлифования от воздействия на поверхности импульсного теплового потока для любой частоты его воздействия. Изменяя частоту теплового воздействия в теоретической модели можно переходить от макро – до микропрерывистости, соответственно, для шлифовального круга с нарезанными на его поверхности пазами и обычного круга с дискретными источниками тепла – зёрнами.

Для решения задачи выбора оптимальных геометрических параметров прерывистых шлифовальных кругов (числа режущих выступов  $N$ , коэффициента заполнения  $S$  их периода) по этим формулам определены максимальные поверхностные температуры прерывистого шлифования в зависимости от количества выступов  $N$  на прерывистом круге и коэффициента заполнения  $S$  их периода. Для выявления закономерностей импульсного воздействия теплового потока с разной частотой его воздействия число  $N$  режущих выступов на шлифовальном круге диаметром 390 мм изменяли от 3 до 350 (на практике применительно к обычным макропрерывистым кругам  $N \leq 35$ ). Расчеты сделаны для трех различных значений коэффициента заполнения  $S = \frac{T_1}{T}$ : 0,2; 0,5; 0,8, где  $T_1$ ,  $T$  - время воздействия режущего выступа и период повторения этих воздействий, с. Условием сопоставимости полученных данных

является обеспечение постоянства средней плотности теплового потока на интервале макро – и микроцикла шлифования, т.е.  $q_{ave} = const = 22,856$  Вт/мм<sup>2</sup> (рис.1).

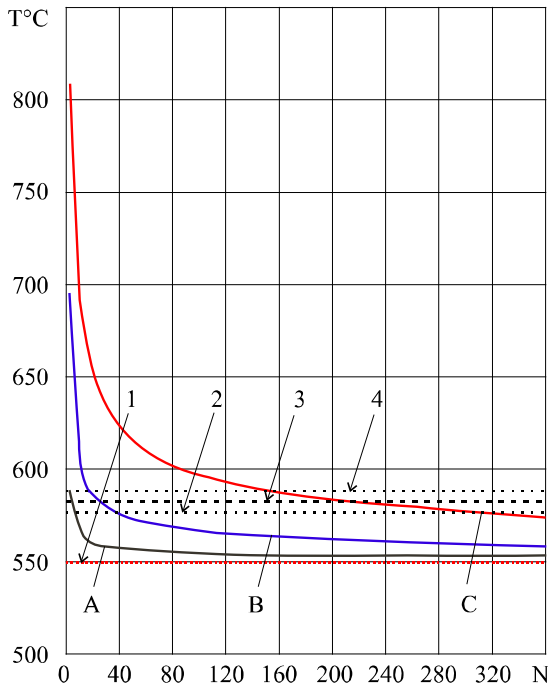


Рис.1. Изменение температуры ( $T, ^\circ\text{C}$ ) прерывистого шлифования при  $q_{ave} = const = 22,856$  Вт/мм<sup>2</sup> в зависимости от числа режущих выступов  $N$  шлифовального круга при различном коэффициенте заполнения  $s$ : А, В и С –  $s = 0,8; 0,5$  и  $0,2$

Видно, что зависимость поверхностной температуры шлифования от числа  $N$  режущих выступов, полученная при каждом фиксированном значении  $s$ , является нелинейной. Температура резко уменьшается на начальном интервале изменения  $N$  (на участке  $N \leq 80$ ). Уменьшение параметра  $s$  от  $s = 0,8$  (кривая А на рис.1) до  $s = 0,2$  (кривая С) приводит к увеличению максимальной температуры во всём интервале изменения числа режущих выступов  $N$ . В указанном диапазоне изменения  $s$  наименьшая температура имеет место при  $s = 0,8$ .

Критерий оптимизации для определения оптимальных геометрических параметров сравниваемых конструкций прерывистых кругов – наименьшая поверхностная температура прерывистого шлифования в зоне резания. При этом необходимо обеспечить условие одинаковой интенсивности шлифования для всех сравниваемых конструкций прерывистых кругов, которое имеет место при постоянстве средней плотности теплового потока на микроцикле  $T$  шлифования.

Учитывая характер изменения графиков на рис.1 (резкое уменьшение температуры на начальном участке и дальнейшее незначительное ее понижение), принята следующая методика определения оптимальных величин  $N$  и  $s$ .

1. Проводят линию, параллельную оси ОХ на уровне температуры, соответствующей максимальному на интервале нагрева значению установившейся составляющей температуры (рис.1). В данном случае эта температура составляет  $549,226^{\circ}\text{C}$  (линия 1).

2. Параллельно этой линии и выше ее, например выше на 5, 6 и 7 % от уровня  $549,226^{\circ}\text{C}$  проводят три параллельные прямые (линии 2,3, и 4) таким образом, чтобы каждая из этих прямых пересекала все три графика.

3. Находят интервалы для оптимальных значений  $N$  для каждого из графиков, построенных при следующих значениях  $s$  : 0,2; 0,5 и 0,8.

Например, уровни температур, соответствующие 5 %, 6 % и 7 % следующие (рис.1):  $576,69^{\circ}\text{C}$  (линия 2);  $582,18^{\circ}\text{C}$  (линия 3);  $587,59^{\circ}\text{C}$  (линия 4).

В соответствии с рассмотренной методикой получены интервалы изменения оптимального числа  $N$  при различных значениях  $s$  (табл. 1).

Таблица 1

Минимальные уровни температур	$s$		
	0,2	0,5	0,8
5 % ( $576,69^{\circ}\text{C}$ )	$N \geq 311$	$N \geq 40$	$N \geq 7$
6 % ( $582,18^{\circ}\text{C}$ )	$N \geq 228$	$N \geq 25$	$N \geq 5$
7 % ( $587,59^{\circ}\text{C}$ )	$N \geq 152$	$N \geq 17,8$	$N \geq 3$

Видно, что наименьшие значения  $N$  (7, 5, 3) имеют место при  $s = 0,8$  в последовательности, построенной в порядке возрастания минимальных уровней поверхностных температур.

С увеличением  $s$  от 0,2 до 0,8 при одном и том же минимальном уровне температур рекомендуемые значения  $N$  уменьшаются.

При повышении минимального уровня температуры на 2 % (с 5 до 7 %) количество рекомендуемых выступов уменьшается более, чем в 2 раза, например, для  $s = 0,8$  – от 7 до 3, а для  $s = 0,2$  – от 311 до 152.

При выполнении на шлифовальном круге в количестве  $N \geq 152$ ;  $N \geq 228$  и  $N \geq 311$  требования к параметру  $s$  снижаются, так как понижение температуры вызвано увеличением количества выступов при любом фиксированном коэффициенте заполнения  $s$ .

Фактически число  $N$  в этом случае характеризует дискретные источники тепла – зерна шлифовального круга (виртуальные «выступы»).

Для моделирования микропрерывистости теплового процесса с частотой воздействия отдельных зерен шлифовального круга на основе данных работы [1] установлены интервалы изменения коэффициента заполнения для различной зернистости кругов (табл.2...4).

Таблиця 2

Зернистость круга 25				
$N$	3	19	35	340
$l_1$ , мм	29,155	4,603	2,499	0,25
$l_2$ , мм	379,177	59,8706	32,501	3,35
$T_1$ , мс	0,833	0,1315	0,0714	$7,14 \cdot 10^{-3}$
$T$ , мс	11,66	1,8421	1	0,1
$n$	8,57	54,286	100	972,28
$T_{\max}$ , °C	1094	770,55	710,603	591,213
Примечание: $q_{\max} = 320 \cdot 10^6$ , Вт/м <sup>2</sup> ; $s = 0,0714$				

Таблиця 3

Зернистость круга 40				
$N$	3	19	35	260
$l_1$ , мм	34,75	5,487	2,9785	0,4
$l_2$ , мм	373,582	58,987	32,021	4,3
$T_1$ , мс	0,9928	0,1567	0,0851	0,011428
$T$ , мс	11,66	1,8421	1	0,13428
$n$	8,57	54,286	100	744,8
$T_{\max}$ , °C	1035	746,99	693,39	602,78
Примечание: $q_{\max} = 268,578 \cdot 10^6$ , Вт/м <sup>2</sup> ; $s = 0,0851$				

Таблиця 4

Зернистость круга 50				
$N$	3	19	35	188
$l_1$ , мм	31,4	4,958	2,6915	0,5
$l_2$ , мм	376,932	59,5156	32,3085	6
$T_1$ , мс	$8,971 \cdot 10^{-3}$	0,14166	0,0769	0,01428
$T$ , мс	11,66	1,8421	1	0,1857
$n$	8,57	54,286	100	538,5
$T_{\max}$ , °C	1070	760,685	703,28	616,48
Примечание: $q_{\max} = 297,217 \cdot 10^6$ , Вт/м <sup>2</sup> ; $s = 0,0769$				

В таблицах 2...4 использованы следующие новые обозначения:  $n$  – число импульсов теплового потока на интервале времени нагрева  $\tau_H = \frac{2h}{V}$ ;  $2h$  – протяженность (ширина) зоны контакта в направлении вектора скорости детали  $V$ ;  $q_{\max}$  – амплитуда импульса плотности теплового потока на интервале микроцикла шлифования.

Из сравнения параметров макро – и микропрерывистости следует существенное различие в величине коэффициента заполнения  $s$ : на уровне зерен круга (микропрерывистость) коэффициент заполнения  $s$  (0,0714...0,0851) намного меньше одноименной величины (0,2...0,8) на уровне нарезаемых выступов (макропрерывистость) на круге. Поэтому для сопоставимости результатов расчета построены зависимости максимальной поверхностной температуры, аналогичные предыдущим (рис.1), но при других значениях коэффициента заполнения, характерных для микропрерывистости (рис.2).

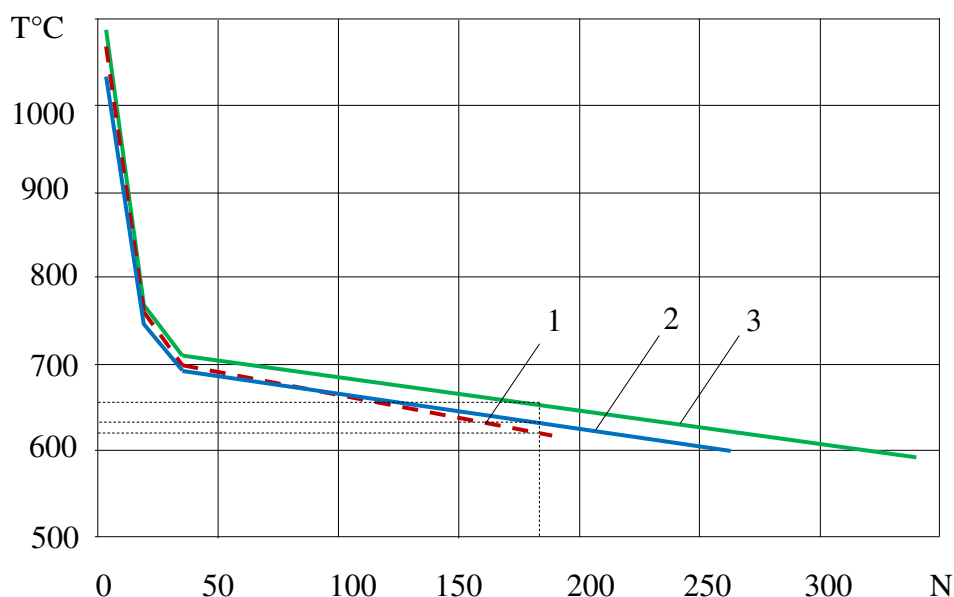


Рис.2. Изменение поверхностной максимальной температуры ( $T, ^\circ\text{C}$ ) микропрерывистого шлифования (прерывистость на уровне зерен круга) при  $q_{ave} = \text{const} = 22,856 \text{ Вт/мм}^2$  в зависимости от числа режущих выступов  $N$  шлифовального круга при различном коэффициенте заполнения  $s$ : 1, 2 и 3 –  $s = 0,0769$  (зернистость 50); 0,0851 (зернистость 40) и 0,0714 (зернистость 25)

Например, для зернистости круга 50 при  $s = 0,0769$  найдены максимальные температуры (при  $N = 3, 19, 35$  и 188), которые, изменяются в интервале:  $1070^\circ\text{C} \dots 616,48^\circ\text{C}$  (рис.2, кривая 1).

Аналогичные данные по температуре получены для зернистости 40 (кривая 2) и 25 (кривая 3).

Причем для всех трех зернистостей круга (25, 40, 50) среднее значение плотности теплового потока  $q_{ave} = 22,856 \text{ Вт/м}^2$ , что обеспечивает условия сопоставимости полученных данных, так как одинаковая средняя плотность теплового потока характеризует одинаковую интенсивность или производительность шлифования.

Видно (рис.2), что переход от макропрерывистости обычного прерывистого круга, который можно изготовить путем нарезания пазов круга, к микропрерывистости сплошного круга с дискретными зернами сопровождается уменьшением максимальной поверхностной температуры шлифования.

Кроме того, в интервале микропрерывистости, ( $N \geq 150$ ) с увеличением зернистости круга максимальная поверхностная температура уменьшается. Например, при  $N = 180$  (рис.2) температура шлифования при зернистости круга 25, 40 и 50, соответственно составляет 660, 630 и 620°C, что не противоречит известным данным о влиянии зернистости шлифовального круга на температуру шлифования [2].

### **Выводы.**

1. Установленная закономерность уменьшения температуры прерывистого шлифования по мере увеличения числа режущих выступов  $N$  и коэффициента заполнения окружного шага  $S$  (величина обратная скважности импульсов теплового потока) отражает наметившуюся тенденцию замены прерывистых кругов соответствующими по габаритным размерам высокопористыми шлифовальными кругами (для высокопористых кругов в промежутках между режущими зернами – источниками тепла тепловой поток равен нулю).

2. При большом количестве режущих элементов (зерен – мгновенных источников теплообразования), расположенных на периферии высокопористого круга влияние коэффициента заполнения окружного шага на температуру уменьшается. Эта тенденция характеризует переход от макро – к микропрерывистости.

### **Литература**

1. Корчак С.Н. Производительность процесса шлифования стальных деталей / С.Н. Корчак. – М.: Машиностроение, 1974. – 280 с.
2. Маслов Е.Н. Теория шлифования материалов / Е.Н. Маслов. – М.: Машиностроение, 1974. – 320 с.