

ИЗМЕНЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ПОВЕРХНОСТИ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС ПРИ ШЛИФОВАНИИ НА СТАНКЕ 5851 (MAAG)

При шлифовании зубчатых колес на станке 5851 (MAAG) с нулевой настройкой кругов за период прохождения зоны контакта в направлении продольной подачи каждая точка боковой поверхности зуба колеса подвергается многократному тепловому воздействию. Например, при глубине шлифования $t = 0,05$ мм с подачей 1,5 мм на одно качание стола за период прохождения зоны контакта вдоль зуба каждая точка боковой поверхности зуба подвергается 12-кратному тепловому воздействию. Многократное тепловое воздействие вызывает накопление тепла в теплопроводящем пространстве обрабатываемого зубчатого колеса.

В промежутках времени между тепловыми импульсами боковая поверхность зуба не успевает охладиться до исходной температуры. В результате в поверхностном слое зуба за счет накопления тепла происходит повышение температуры, что приводит к появлению на обрабатываемых поверхностях прижогов, микротрещин и других температурных дефектов [Резников А. Н., Резников П. А. Основы расчета шлифовальных процессов в технологических расчетах: учебное пособие. Куйбышев: КуАИ, 1996. 153 с.; Сипайлов В. А. Тепловые процессы при шлифовании и управлении качеством поверхности. М.: Машиностроение, 1988. 166 с.]. Для построения температурного поля важно изучить динамику нагрева и охлаждения поверхности за период обкаточного движения.

Остаточная температура поверхности за период обкаточного движения определяется по зависимости [Тепловые и механические процессы при резании металлов: учеб. пособие/Ф. В. Новиков, А. А. Якимов, Г. В. Новиков, С. Г. Зимин, В. А. Вайсман. Одесса: ОГПУ, 1997. 179 с.]:

$$\Delta T_i = T_i \frac{1}{1 + \frac{a \sqrt{a \cdot \tau_{разр}}}{\lambda \sqrt{\pi}}} \quad (1)$$

где T_i — температура поверхности после предыдущего прохода; a — коэффициент теплообмена ($1 \text{ кал/см}^2 \cdot \text{с} \cdot \text{°C} = 4,1868 \cdot 10^4 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{°C}$); α — коэффициент температуропроводности, $\text{м}^2/\text{с}$; λ — коэффициент теплопроводности ($1 \text{ кал/см} \cdot \text{с} \cdot \text{°C} = 4,1868 \cdot 10^2 \text{ Вт/м} \cdot \text{°C}$), $\tau_{разр}$ — время между двумя очередными тепловыми импульсами (время охлаждения поверхности).

С учетом рассеяния тепловой энергии суммарная остаточная температура поверхности определяется из выражения

$$\Delta T = \frac{q}{2} \sqrt{\frac{\pi \cdot L_i}{C_\gamma \cdot \lambda \cdot V_{обк}}} \left\{ \frac{1}{a \cdot \sqrt{a} \cdot \sqrt{\frac{2[n - (i-1)\lambda]}{V_{обк}}}} + \frac{1}{\lambda \sqrt{\pi}} \right\} \quad (2)$$

где q — интенсивность теплового потока, Вт/м^2 ; L_i — ширина зоны контакта, $L = \sqrt{2rt}$ (r — радиус закругления режущей кромки круга); $V_{обк} = 2\pi r / 60$ (m — модуль зубчатого колеса, p — число обкаточных движений в минуту, γ — плотность материала кг/м^3 ; n — общее количество обкаток за период прохождения зоны контакта в продольном направлении).

Суммарная температура поверхности с учетом накопления тепла от предыдущих проходов определяется из выражения

$$\Delta T = \frac{q}{2} \sqrt{\frac{\pi \cdot L_n}{C \cdot \gamma \cdot \lambda \cdot V_{обк}}} + \sum_{i=1}^n \frac{q}{2} \sqrt{\frac{\pi \cdot L_i}{C \cdot \gamma \cdot \lambda \cdot V_{обк}}} \left\{ \frac{1}{1 + \frac{a \sqrt{a} \cdot \sqrt{2[n-(i-1)L_1]}}{\lambda \sqrt{\pi}}} + \frac{1}{1 + \frac{a \cdot a \cdot \sqrt{2[n-(i-1)L_2]}}{\lambda \sqrt{\pi}}} \right\} \quad (3)$$

где l_1, l_2 — расстояние от точки на делительной окружности (точка 2) до точек 1 и 3 (рис. 1), при которых происходит реверсирование движения обкатки.

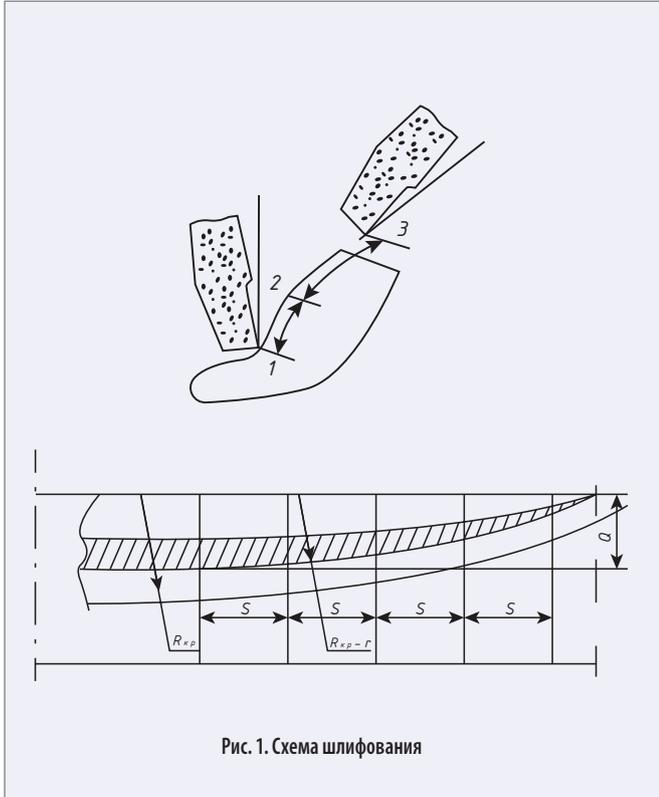


Рис. 1. Схема шлифования

На рис. 1 показана зона контакта круга с боковой поверхностью зуба (заштрихованная зона) и схема обкатки зуба.

Длина зоны контакта X равна половине длины хорды, отсекающей сегмент на окружности радиуса ($R_{кр} - r$), высота которого Q :

$$X = 5 \sqrt{2(R_{кр} - r) \cdot Q - Q^2} \quad (4)$$

Высота сегмента Q равна половине длины хорды, отсекающей сегмент на окружности радиуса r , высота которого равна глубине резания t . Окружность радиуса r описывает профиль боковой поверхности зуба колеса в зоне делительной окружности

$$Q = \sqrt{2 \cdot r \cdot t - t^2} \quad (5)$$

За период одного обкаточного движения, т.е. перемещения круга из точки 1 в точку 3 и обратно зона контакта в продольном шлифовании перемещается на величину шага S . За этот период шлифовальный круг два раза перерезает термопару: при движении от ножки к головке и при движении от головки к ножке. Произведены расчеты длины зоны контакта X и числа обкаточных движений $i = X/S$.

В табл. 1 представлены расчетные значения параметров площади контакта круга с боковой поверхностью зуба колеса ($m = 6$ мм; $r = 0,3$; $m = 1,8$ мм; $R_{кр} = 100$ мм; $r = 34,7$ мм) при зубошлифовании на станке 5851 с нулевой настройкой кругов.

Таблица 1. Расчетные значения параметров площади контакта круга с боковой поверхностью зуба колеса

t	Длина X, мм	i = X / S	S, мм/кач.	F, мм ²
0,05	19,35	9	2,15	5,28
0,1	25,86	12	2,15	14,28

Произведены расчеты температурных всплесков в момент прохождения круга над термопарой и показаны остаточные температуры с учетом охлаждения. На рис. 2 представлена динамика нарастания температуры по мере перемещения зоны контакта в продольном направлении. Показана суммарная температура поверхности с учетом накопления тепла от предыдущих проходов.

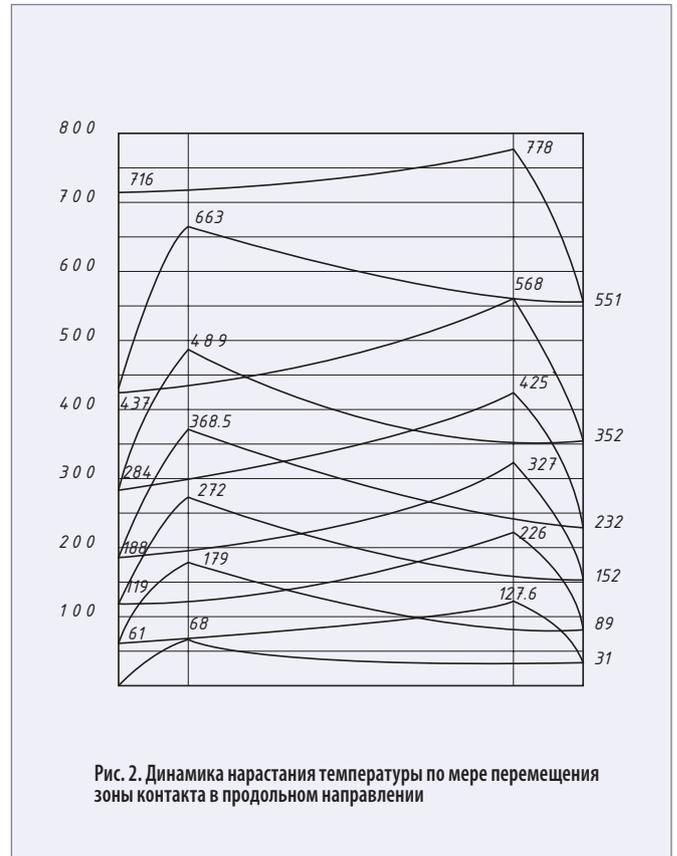


Рис. 2. Динамика нарастания температуры по мере перемещения зоны контакта в продольном направлении

В табл. 2 показана динамика изменения ширины зоны контакта и соответствующие им величины температурных всплесков по мере перемещения зоны контакта над термопарой вдоль образующей зуба шестерни. Как видно, с увеличением количества тепловых импульсов i температура возрастает.

ДП «Бест-Бизнес»

отделение холдинга «Best-Business a.s.»



Мы производим абразивные круги на керамической, бакелитовой, вулканитовой связках и абразивные материалы из электрокорундов и карбида кремния.



СПЕЦИАЛЬНОЕ ПРЕДЛОЖЕНИЕ!

Абразивные круги для зубошлифования. Высокопористые круги для обработки жаропрочных материалов. Консультация специалистов.

Шлифовальные круги из рубин-корунда для заточки инструмента из закалённой стали.

Адрес офиса: г.Киев, ул. Автозаводская, 2
Тел./факс +380 (44) 545-62-41, тел. +380 (44) 227-64-12
<http://www.bestb.kiev.ua> e-mail: bestb@ipnet.ua



20 лет на
рынке Украины

Таблица 2. Значение температуры шлифования

Количество тепловых импульсов, i	L_i , мм	T_i , °C	ΔT_i , °C	$T_i + \Delta T_i$
1	0,05	68	–	68
2	0,1	96	31	127
3	0,15	118	61	179
4	0,2	136	89	225
5	0,25	152,6	119	271
6	0,3	175	152	327
7	0,35	180,5	188	368,5
8	0,4	192,9	232	425
9	0,45	204,7	284	489
10	0,5	214,75	352	663
11	0,55	226	437	663
12	0,6	236	551	787

Выводы

В работе проведены теоретические и экспериментальные исследования температуры поверхности при зубошлифовании с учетом динамики изменения ширины зоны контакта и величины температурных всплесков по мере перемещения зоны контакта над термопарой вдоль образующей зуба шестерни. Это позволило раскрыть закономерности изменения температуры поверхности, что является основой для определения условия её уменьшения и повышения качества обработки.



Авторы статьи

Якимов А. А.,
Бовнегра Л. В.,
Уминский С. М.,
Барчанова Ю. С.,
Одесский национальный
политехнический университет

