

зубчатых колес Δf_{pbr} и ΔD отражается на характере указанных взаимосвязей. Полученные данные, а также данные, приведенные в работах [2,3] позволяют оптимизировать требования к Δf_{pbr} и ΔD для условий работы шестерен, подобных рассмотренным.

Л и т е р а т у р а

1. Кане М.М., Шушкевич В.А., Христюк И.К. Некоторые вопросы экспериментального исследования динамических нагрузок в зубчатых колесах автотракторных коробок передач. — В сб.: Прогрессивная технология машиностроения. Вып. 1. Минск, 1970. 2. Кане М.М. и др. Влияние разности шагов зацепления на динамику зубчатых колес в условиях коробки передач трактора ДТ-75. — В сб.: Машиностроение и приборостроение. Вып. 8. Минск, 1976. 3. Кане М.М. и др. Влияние точности сопряжения шестерня—вал на динамику зубчатой передачи. — В сб.: Машиностроение и приборостроение. Вып. 9. Минск, 1976.

УДК 621.81.004.67

Е.Н. Сташевская

ИЗНОСОСТОЙКОСТЬ СПЛАВОВ НА НИКЕЛЕВОЙ ОСНОВЕ ПРИ ПОВЫШЕННЫХ ТЕМПЕРАТУРАХ

Выявление зависимости изнашивания покрытий из сплавов на никелевой основе от условий испытаний дает возможность рационального выбора номенклатуры упрочняемых деталей.

Испытания на изнашивание при трении скольжения без смазки проводили на модернизированной машине трения МИ. Неподвижный образец с покрытием из сплава ПГ-ХН80СР4 толщиной 1,0...1,5 мм (5x5x15 мм) испытывали в паре с образцом из твердого сплава ВК8 (наружный диаметр 40 мм, толщина диска — 10 мм). Режимы испытаний были следующие: скорость скольжения 0,5...2,0 м/с; удельные давления — $4 \cdot 10^5 \dots 40 \cdot 10^5 \text{ Н/м}^2$, температура окружающей среды 473 ... 873°К. Износ определяли линейным методом. Исследования проводили с применением математического планирования экспериментов. Параметром оптимизации у служил износ сплава ПГ-ХН80СР4. Исследовались факторы: x_1 — температура ок-

ружающей среды, $T^{\circ}\text{K}$; x_2 — скорость скольжения v , м/с ;
 x_3 — удельное давление p , $\text{H}/\text{м}^2$. Условия выполнения экс-
 периментов приведены в табл. 1.

Так как заранее неизвестно, какой вид будет иметь по-
 верхность отклика в исследуемых интервалах варьирования
 факторов, рассматривали следующие математические модели:
 неполное уравнение второй степени, уравнение второй степени
 и уравнение третьей степени. Соответствие математической
 модели экспериментальным данным проверяли по коэффициенту
 множественной корреляции:

Т а б л. 1.

Факторы	Температура окружающей среды, $T^{\circ}\text{K}$	Скорость скольжения, v , м/с	Удельная нагрузка, $p \cdot 10^3$, $\text{H}/\text{м}^2$
Код	x_1	x_2	x_3
Основной уровень [0]	673	1,25	22
Интервалы варьирования	120	0,45	11
Верхний уровень [+1]	793	1,7	33
Нижний уровень [-1]	553	0,8	11
Звездная точка $+\alpha$ (+1,682)	873	2,0	40
Звездная точка $-\alpha$ (-1,682)	473	0,5	4

Т а б л. 2.

Номер опыта	x_0	x_1	x_2	x_3	$y_{\text{ц}} \cdot 10^{-3}$ мм
1	+1	-1	-1	-1	41,5
2	+1	-1	+1	-1	139,0
3	+1	-1	+1	+1	393,0
4	+1	-1	-1	+1	105,0
5	+1	+1	-1	-1	185,5
6	+1	+1	+1	-1	450,0
7	+1	+1	+1	+1	1485,0
8	+1	+1	-1	+1	423,5
9	+1	0	+1,682	0	762,0
10	+1	0	-1,682	0	58,0
11	+1	0	0	+1,682	780,0
12	+1	0	0	-1,682	130,0
13	+1	0	0	0	327,0
14	+1	0	0	0	330,0
15	+1	0	0	0	337,0
16	+1	0	0	0	308,0
17	+1	0	0	0	312,0
18	+1	0	0	0	312,0
19	+1	+1,682	0	0	1179,0
20	+1	-1,682	0	0	207,0

$$R = \sqrt{1 - \frac{\sum_1^N (y_{\text{расч}} - y_{\text{эксп}})^2}{\sum_1^N (y_{\text{эксп}} - \bar{y}_{\text{эксп}})^2}} \quad (1)$$

(чем ближе R к 1, тем модель лучше).

Первоначально был реализован полный факторный эксперимент типа 2^3 (табл. 2, опыты 1--8). Получили уравнение

$$y = 402,8 + 233,1x_1 + 213,9x_2 + 198,8x_3 + 117,5x_1x_2 + 119,4x_1x_3 + 123,4x_2x_3, \quad R = 0,986. \quad (2)$$

Для расчета коэффициентов при неизвестных полинома второго порядка применяли центральное композиционное рототабельное планирование. Получили уравнение

$$y = 324,56 + 256,23x_1 + 211,96x_2 + 196,45x_3 + 117,56x_1x_2 + 119,44x_1x_3 + 123,44x_2x_3 + 104,59x_1^2 + 20,42x_3^2, \quad R_2 = 0,97. \quad (3)$$

С целью определения коэффициентов регрессии уравнения третьей степени также применяли центральное композиционное рототабельное планирование [1]. Так как в матрице планирования второй степени вектор -столбцы x_i и x_i^3 неортогональны, переменные x были заменены функциями $\varphi(x)$. В нашем случае функции $\varphi(x)$ равны

$$\left. \begin{aligned} \varphi_1(x_i) &= x_i; \\ \varphi_2(x_i) &= x_i^2 - \frac{13,66}{20}; \\ \varphi_3(x_i) &= x_i^3 - 1,76x_i \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

Полученное уравнение третьей степени имеет вид

$$y = 341,096 + 198,693x_1 + 218,074x_2 + 203,462x_3 + 117,500x_1x_2 + 119,400x_1x_3 + 123,400x_2x_3 + 75,812x_1x_2x_3 + 102,170x_1^2 -$$

$$\begin{aligned}
 & - 6,978x_2^2 + 10,377x_3^2 + 32,703x_1^3 - 3,463x_2^2 - \\
 & - 3,973x_3^3, R_3 = 0,99. \quad (5)
 \end{aligned}$$

Уравнение (5) лучше описывает поверхность отклика по сравнению с уравнениями (2) и (3), так как коэффициент корреляции R_3 ближе к 1, чем R_1 и R_2 .

Таким образом, проведены исследования износостойкости сплава на никелевой основе в зависимости от температуры окружающей среды, скорости скольжения, удельного давления. Получены уравнения поверхности отклика. Уравнение третьей степени наиболее точно аппроксимирует зависимость износа от режимов испытаний.

Л и т е р а т у р а

1. Барский В.Д., Носков В.В. Описание химической реакции уравнением третьей степени. — В сб.: Планирование эксперимента. М., 1966.

УДК 629.113.004.67

Г.Г. Еженков, А.Д. Пашин
В.И. Титков, канд.техн.наук

ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ И ДОЛГОВЕЧНОСТИ ПНЕВМОГИДРАВЛИЧЕСКОЙ ПОДВЕСКИ АВТОМОБИЛЕЙ БелАЗ

Анализ отказов и неисправностей пневмогидравлической подвески свидетельствует о том, что практически все они обусловлены износом рабочих поверхностей сопряженных деталей, работающих в условиях вибрационных возвратно-поступательных перемещений. Для изношенных поверхностей характерны отдельные вырывы, налипшие частицы металла и царапины, ориентированные вдоль образующей цилиндрических поверхностей.

Данные, полученные при исследовании рабочих поверхностей выбракованных цилиндров подвески, позволяют сделать вывод о том, что ведущим износом поверхности цилиндров является схватывание. Обеспечение необходимой надежности подвески может быть достигнуто нанесением на рабочую поверхность цилиндров подвески износостойких металлопокрытий, хорошо противостоящих схватыванию сопряженных поверхностей.