

$$+ \delta \tau t s \tau \frac{\cos(\eta_{\max} - \gamma)}{\cos(\varphi_2 + \eta_{\max} - \gamma) \cos(\varphi_2 - \gamma)} \cdot \quad (13)$$

Таким образом, колебания силы резания, возмущающей систему СПИД, имеют фрикционную природу, обусловленную зоной локализации пластической деформации.

Л и т е р а т у р а

1. Молочков А.В. Экспериментальные и теоретические исследования пластических деформаций в зоне стружкообразования. - В сб.: Новая техника и прогрессивная технология. Минск, 1969. 2. Молочков А.В. Уравнение внешнего трения при стружкообразовании. - В сб.: Мат-лы IУ науч.-техн. конф. Минск, 1969. 3. Губкин С.И. Пластическая деформация металлов. Т. 1. М., 1960. 4. Надаи А. Пластичность и разрушение твердых тел. М., 1954. 5. Молочков А.В., Пацкевич В.А. Высокочастотные вибрации при точении. - Станки и инструмент, 1972, №7. 6. Молочков А.В. Анализ теоретических уравнений силы резания. - В сб.: Мат-лы УI науч.-техн. конф. Могилев, 1969.

УДК 621.951

Э.М.Дечко, М.А.Корниевич

ОПТИМИЗАЦИЯ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ РЕЖУЩЕЙ ЧАСТИ ШНЕКОВОГО СВЕРЛА ПО МЕТОДУ БОКСА - УИЛСОНА

Оптимизация независимых переменных факторов по методу Бокса - Уилсона заключается в использовании линейного уравнения регрессии, полученного с помощью полного факторного эксперимента или дробной реплики. Движение по градиенту осуществляется при одновременном варьировании всех факторов.

В нашем случае геометрические параметры сверла изменялись в следующих пределах: $2\varphi = 107...133^\circ$, $2\varphi_0 = 65...95^\circ$, $\gamma = 5...19^\circ$, $\alpha_0 = 9...21^\circ$, $\tau = 3...11^\circ$. В качестве выходного параметра принималась стойкость инструмента. Критерий оптимизации - износ по задней поверхности сверла, равный 0,25 мм.

Основные уровни геометрических параметров принимались на основании анализа литературных данных и промышленного опы-

та по сверлению нержавеющей сталей. Затем устанавливались интервалы варьирования с учетом степени влияния каждого из углов на стойкость инструмента. По методике [1] составлялась матрица планирования (табл. 1). С целью исключения систематических ошибок последовательность реализации плана производилась с помощью таблицы случайных чисел.

Математическое описание зависимости стойкости сверла от его геометрических параметров находилось в виде уравнения

$$\sqrt[3]{y} = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_4x_4 + b_5x_5, \quad (1)$$

где b_0, b_1, \dots, b_5 — коэффициенты, знаки и величины которых показывают направление движения к оптимуму. По экс-

Т а б л и ц а 1. Матрица планирования и результаты экспериментов

Исучаемые факторы	$2\varphi^{\circ}$	$2\varphi_0^{\circ}$	γ°	α_0°	τ°	T, мин	$\sqrt[3]{T}$
Основной уровень	120	80	12	15	7		
Интервал варьирования	13	15	7	6	4		
Верхний уровень	133	95	19	21	11		
Нижний уровень	107	65	5	9	3		
Услов. обозначения	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	y	$\sqrt[3]{y}$
Опыт 1	-1	-1	-1	-1	+1	0,45	0,966
" 2	+1	-1	-1	-1	-1	1,0	1,0
" 3	-1	+1	-1	-1	-1	1,6	1,17
" 4	+1	+1	-1	-1	+1	1,6	1,17
" 5	-1	-1	+1	-1	-1	70	4,122
" 6	+1	-1	+1	-1	+1	150	5,313
" 7	-1	+1	+1	-1	+1	40	3,42
" 8	+1	+1	+1	-1	-1	90	4,481
" 9	-1	-1	-1	+1	-1	1,5	1,145
" 10	+1	-1	-1	+1	+1	2,8	1,409
" 11	-1	+1	-1	+1	+1	1,0	1,0
" 12	+1	+1	-1	+1	-1	1,5	1,145
" 13	-1	-1	+1	+1	+1	1,8	1,216
" 14	+1	-1	+1	+1	-1	125	5,0
" 15	-1	+1	+1	+1	-1	120	4,933
" 16	+1	+1	+1	+1	+1	70	4,122
b_i	+0,3668	0,0918	+1,4876	-0,0919	-0,2862	-	-
b_{i1}	4,7684	1,3770	10,4132	-0,5514	-1,1448	-	-
Шаг	1,19	0,344	2,6	-0,1378	-0,286		
Округление	1,2	0,35	2,6	-0,14	-0,29		
Опыт 17	121,2	80,35	14,6	14,86	6,71	178,9	-
" 18	122,4	80,70	17,2	14,72	6,42	189,2	-
" 19	123,6	81,05	19,8	14,58	6,13	173,2	-

периментальным данным стойкости (табл. 1) определялись коэффициенты уравнения (1):

$$b_0 = \frac{\sum_{i=1}^N y_i}{N}; \quad b_i = \frac{\sum_{i=1}^N y_i x_{ij}}{N} \quad (i=1,2,\dots,5),$$

где N - число экспериментов. Тогда уравнение примет вид

$$\sqrt[3]{T} = 2,5888 + 0,3668X_1 + 0,0918X_2 + 1,4876X_3 - 0,0919X_4 - 0,2862X_5.$$

Оценка степени приближения уравнения регрессии к экспериментальным данным производилась по коэффициенту множественной корреляции R [1]:

$$R = \sqrt{1 - \frac{\sum (y_i - \hat{y}_i')^2}{\sum (y_i - y_{cp})^2}} = 0,84.$$

Значение $R = 0,84$ говорит о достаточно хорошей согласованности теоретических и экспериментальных значений стойкости.

Затем рассмотрим шаговое движение к оптимуму. Шаги движения по градиенту определяются произведениями коэффициентов регрессии на соответствующие интервалы варьирования:

$$b_1 i_1 = 4,7684; b_2 i_2 = 1,3770; b_3 i_3 = 10,4132; b_4 i_4 = -0,5514; b_5 i_5 = -1,1448.$$

Для удобства ведения эксперимента шаги движения округляются. Движение к оптимуму начинают из центра плана, который использовался для получения математического описания функции отклика. Значения факторов для каждого нового опыта находят путем прибавления шага со своим знаком к соответствующим предыдущим значениям.

Расчет и результаты круглого восхождения приведены в табл.1.

В рассмотренном примере крутое восхождение оказалось эффективным. Уже после второго шага получены оптимальные значения исследуемых факторов.

Л и т е р а т у р а

1. Налимов В.В., Чернова Н.А. Статистические методы планирования экстремальных экспериментов. М., 1965.

УДК 621.01:534 + 517.948

Н.А.Микулик, Ф.Ф.Якачук

КРУТИЛЬНЫЕ КОЛЕБАНИЯ ЗАМКНУТОЙ СИСТЕМЫ С РЕАКТИВНЫМ ЗВЕНОМ

Рассмотрим крутильные колебания четырехзвенной замкнутой системы с реактивным звеном (рис. 1). К такой системе можно привести динамическую систему машинного агрегата транспортных машин, если ее представить в виде системы с сосредоточенными массами, соединенными безынерционными валами.

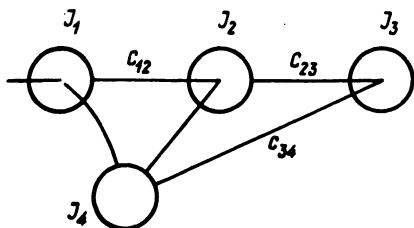


Рис. 1.

Система дифференциальных уравнений, описывающая колебания рассматриваемой системы без учета диссипативных сил, будет иметь вид

$$\left. \begin{aligned} I_1 \ddot{\varphi}_1 + c_{12}(\varphi_1 - \varphi_2 - \varphi_4) &= M_1, \\ I_2 \ddot{\varphi}_2 - c_{12}(\varphi_1 - \varphi_2 - \varphi_4) + c_{23}(\varphi_2 - \varphi_3) &= M_2, \\ I_3 \ddot{\varphi}_3 - c_{23}(\varphi_2 - \varphi_3) + c_{34}(\varphi_3 - \varphi_4) &= 0, \\ I_4 \ddot{\varphi}_4 - c_{34}(\varphi_3 - \varphi_4) - c_{12}(\varphi_1 - \varphi_2 - \varphi_4) &= 0, \end{aligned} \right\} (1)$$