

ЖЕСТКОСТЬ И ВИБРОУСТОЙЧИВОСТЬ СИСТЕМЫ СПИД

УДК 621.9.02:519.24

А.Д. Макаров, И.С. Праведников,
Р.М. Янбухтин, В.М. Кривошей

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ЖЕСТКОСТИ СИСТЕМЫ СПИД НА ОБРАБАТЫВАЕМОСТЬ ЖАРОПРОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ С ПОМОЩЬЮ МНОГОФАКТОРНЫХ РЕГУЛЯРНЫХ ПЛАНОВ

Знание закона о постоянстве оптимальной температуры контакта облегчает нахождение оптимальных условий обработки металлов резанием, которые в общем случае могут определяться положением точек с координатами V_0 (оптимальная скорость) и h_{000} (оптимальный поверхностный относительный износ) [1] в некотором факторном пространстве, образуемом разнообразными технологическими параметрами (сечение среза, геометрия инструмента, жесткость системы СПИД и т.д.).

Существенную роль в повышении эффективности таких исследований могут сыграть математические методы планирования эксперимента. При значительном сокращении числа опытов они с необходимой достоверностью и достаточной надежностью позволяют получить интересные исследователя зависимости.

Влияние переменных параметров: скорости резания V , подачи S , глубины резания t и т.д. на температуру резания Θ может быть установлено при реализации полного факторного эксперимента или дробных реплик от него. Переменные факторы варьируются на двух уровнях, так как известно, что в логарифмических координатах температурные зависимости приобретают простой вид линейной регрессии. По найденной таким путем зависимости можно рассчитать значения скоростей V_0 , учитывая, что оптимальным скоростям соответствует оптимальная температура Θ_0 .

Примером может служить зависимость $\Theta_0(E_0) = f(V, S, t)$:

$$\lg V_0 = \frac{\lg E_0 - 0,57 - 0,32 \lg S + 0,14 \lg t}{0,51 - 0,15 \lg S - 0,16 \lg t}, \quad (1)$$

полученная методом математического планирования при обработке жаропрочного сплава ЭП220ВД резцом ВК8. В уравнении (1) E_0 - значение ТЭДС, мВ, соответствующее оптимальной температуре θ_0 .

Подобные формулы можно успешно использовать для расчета таблиц и номограмм оптимальных скоростей при переменных t и S . Задача значительно расширяется при введении геометрических параметров режущего инструмента, жесткости элементов СПИД и т.п.

Зависимость $E = f(j_{\text{зам}}, V, S, t, j_{\text{рез}})$ при обработке стали ЭИ654 резцом ВК8 в натуральных координатах адекватно может быть описана полиномом 2-го порядка:

$$E = 12,75 + 0,05 x_1 - 0,056 z_1 + 2,69 x_2 - 0,34 z_2 + 0,75 x_3 - \\ - 0,2 z_3 + 1,18 x_4 - 0,18 z_4 - 0,052 x_5 + 0,18 z_5 - 0,001 x_1 x_2 + \\ + 0,016 x_1 x_3 - 0,026 x_1 x_4 + 0,002 x_1 x_5, \quad (2)$$

где x_i и z_i - кодированные значения жесткости детали, скорости резания, подачи, глубины резания и жесткости резца, соответственно*.

Использование натуральных координат повышает точность, так как логарифмирование переменных в ряде случаев может привести к искажению поверхности отклика и к ошибкам при определении параметра оптимизации после потенцирования. Результаты сравнения конкурирующих адекватных моделей (адекватность проверялась по критерию Фишера) с экспериментальными данными приведены в табл.1.

Из уравнения (2) видно, что жесткость детали незначительно влияет на среднюю температуру контакта, однако, известно [1], [3], что стойкость режущего инструмента при изменении жесткости элементов СПИД может изменяться в 2-3 раза. Это является одной из главных причин несоответствия режимов резания, применяемых на станках и рекомендуемых лабораторией, где они определялись.

В условиях производства, особенно автоматизированного, для правильного назначения режимов резания нужно знать стойкостные зависимости, то есть необходимо иметь полное представление о

*

Подробно о кодировании переменных см. в [2].

Т а б л и ц а I

Сравнение конкурирующих моделей

Максимальная ошибка	Вид модели								
	Полиномиальная в натуральных коор- динатах			Полиномиаль- ная в логариф- мических коор- динатах			Степенная в на- туральных коор- динатах после потенцирования		
Абсолютное значение,	0,61	0,51	0,46	0,036	0,04	0,035	1,28	1,12	1,36
%	4,19	3,49	3,34	3,05	3,56	2,91	8,59	8,68	8,44

поверхностях отклика параметров оптимизации, длины пути резания l и относительного поверхностного износа $h_{от}$. В данном случае перед экспериментатором встает более сложная задача - реализация планов высших порядков, так как априори известно [1], что эти зависимости носят сложный, немонотонный характер.

При выборе плана, так же как и при выборе модели, необходимо учитывать специфические требования, предъявляемые к планированию эксперимента при изучении процесса резания, а именно: возможность изучения влияния на параметр оптимизации наряду с количественными и качественными факторами; возможность получения различных функциональных зависимостей для каждого фактора; возможность получения независимых оценок влияния отдельных факторов и интересующих исследователя взаимодействий для связи с физикой явлений (дисперсия этих оценок должна по возможности быть минимизированной).

Данным требованиям в известной мере отвечают многофакторные регулярные планы, обобщенные В.З. Бродским [2]. Эти же требования обусловили выбор конкретного трехуровневого плана мощности 4 для 5 факторов с количеством опытов $N = 27$ для исследования влияния статической жесткости элементов СПИД на стойкость инструмента. Избранный план допускает получение попарно ортогональных главных эффектов и двухфакторных взаимодействий переменной X_4 - статической жесткости детали.

Эксперименты проводились на модернизированном станке 1К62 ($\rho_{сист} = 1600$ кг/мм) с бесступенчатым регулированием скоростей

и на токарном полуавтомате АПр - 2М12У ($j_{сист} = 1500$ кг/мм). Стали 1Х18Н9Т и ЭИ654 обрабатывались резцами с пластинками ВК8 ($\gamma = 5^\circ$; $\alpha = \alpha_1 = 8^\circ$; $\varphi = 95^\circ$; $\varphi_1 = 10^\circ$; $\lambda = 0^\circ$; $R = 0,5$ мм). В исследованиях учитывалась статическая жесткость детали и технологической системы, так как определить ее наиболее просто в цеховых условиях. Определение жесткости осуществлялось по методике, приведенной в [4], [5].

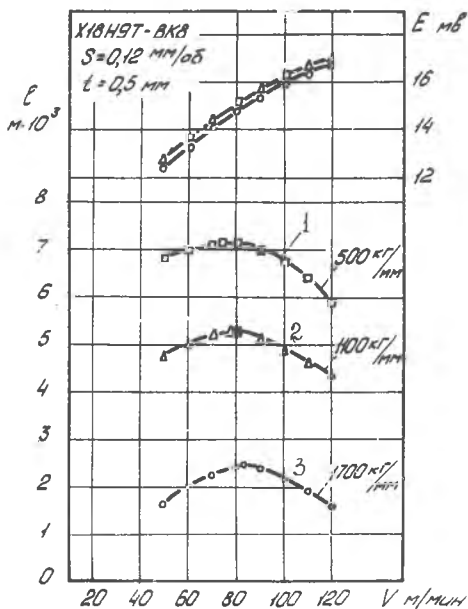
Факторы менялись в следующих пределах (для стали 1Х18Н9Т):

$j_{дет}$ - жесткость детали	500 - 1700 кг/мм
V - скорость резания	20-120 м/мин
S - подача	0,12 - 0,3 мм/об
t - глубина резания	0,5 - 1,5 мм
$l_{рез}$ - вылет резца (жесткость)	30 - 60 мм

После проведения экспериментов, согласно плану [2], полученные данные обрабатывались методом наименьших квадратов на ЭЦВМ "М - 222". Зависимость $\ell = f(j_{дет}, V, S, t, l_{рез})$ удовлетворительно можно описать квадратичным уравнением:

$$\begin{aligned} \ell = & 2027,64 - 879,56x_1 - 176,46z_1 - 272,41x_2 - 232,05z_2 - 1044,29x_3 + \\ & + 176,62z_3 - 839,29x_4 + 208,88z_4 + 52,21x_5 + 127,46z_5 - 195,20x_1x_2(3) \\ & - 672,85x_1x_3 - 602,65x_1x_4 - 167,89x_1x_5. \end{aligned}$$

Р качестве иллюстрации на рис.1 приведены сечения поверхностей отклика параметров оптимизации ℓ и E при фиксированных значениях переменных. Как видно из рисунка, с увеличением жесткости наблюдается увеличение длины пути резания, причем равномерному приращению $j_{дет}$ соответствует неравномерное увеличение ℓ , что подтверждает предположение о существовании некоторой "критической" или "предельной" жесткости [1], при достижении которой повышение жесткости не сказывается на увеличении длины пути резания.



Р и с.1. Влияние статической жесткости детали на стойкость режущего инструмента и $T_{0,1}(v)$: 1, 2, 3 — соответственно 500, 1100, 1700 кг/мм

Л и т е р а т у р а

1. Макаров А.Д. Износ и стойкость режущих инструментов. М., "Машиностроение", 1966.
2. Бродский И.В.С. Многофакторные регулярные планы. Изд-во МГУ, 1972.
3. Бармин Б.П. Вибрации и режимы резания. М., "Машиностроение", 1972.
4. Куликов С.А., Евсеев В.И. Сборник лабораторных работ по курсу "Металлорежущие станки". УАИ, Уфа, 1971.
5. Соколовский А.П. Научные основы технологии машиностроения. М., Машгиз, 1955.