ISSN 0536-1044

ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ

2

1986

МАШИНОСТРОЕНИЕ

3. Пачевский В. М., Зотова Л. К., Исследование процессов сверхскоростного резания металлов, «Труды Новочеркасского политехнического института», № 211, 1970.
4. Корнеева В. М. и др., Гипотеза возможности обработки металлов со сверхвысокими скоростями резания, «Известия вузов. Машиностроение», 1985, № 6.
5. Камалов В. С. и др., Исследование шероховатости обработанной поверхности, Известия вузов. Машиностроение», 1980, № 5.
6. Корнеева В. М. и др., Тарирование естественной термопары для измерения температуры резания со сверхвысокими скоростями, «Известия вузов. Машиностоение», 1985, № 8.

Статья поступила 5 декабря 1984 г.

621.9.014.5

ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОЕ СНИЖЕНИЕ ПОГРЕШНОСТЕЙ ПОЛИНОМИАЛЬНЫХ МОДЕЛЕЙ СТОЙКОСТИ РЕЗЦОВ

Канд. техн. наук С. В. ГРУБЫЙ

Приведены результаты исследований по применению различных полиномиальных моделей для аппроксимации многофакторных зависимостей стойкости резцов, оснащенных сменными многогранными пластинами из безвольфрамовых твердых сплавов. Показана возможность снижения погрешностей моделей при использовании алгоритма метода стохастической аппроксимации расчета коэффициентов регрессии. В результате последовательного применения алгоритма метода стохастической аппроксимации получено полиномиальное уравнение регрессии третьего порядка, позволяющее с достаточной точностью определить стойкость резцов в широоком диапазоне режимов резания.

Полиномиальные модели различных видов наряду со степенными и показательно-степенными находят применение при аппроксимации основных многофакторных зависимостей резания металлов. Полиномиальные модели позволяют описывать как монотонные, так и экстремальные зависимости, причем при наличии одного или нескольких экстремумов. Вместе с тем выбор лучших моделей из совокупности возможных непосредственно связан с выбором плана проведения и числом опытов, методов оценок коэффициентов, принятыми критериями планирования и в достаточной степени не формализован.

Чтобы снизить погрешности полиномиальных моделей стойкости резцов, для расчета коэффициентов предлагаем использовать как метод наименьших квадратов (МНК), так и метод стохастической аппроксимации (МСА) [1].

Метод стохастической аппроксимации представляет собой последовательную процедуру многократного уточнения коэффициентов после реализации серии опытов. Применительно к полиномиальным моделям стойкости резцов алгоритм МСА имеет вид

$$\underline{B_r} = \underline{B_{r-1}} + \gamma_r \underline{f}(\underline{x_i}) [y_{эi} - \underline{B}^{т}_{r-1} \underline{f}(\underline{x_i})]; \quad i = 1, 2, \ldots, N \qquad (1)$$

где $y_{эi}$ — экспериментальное значение функции, γ_r — положительное число, r — номер приближения, N — число опытных стойкостных точек.

Алгоритм МСА можно использовать для полиномиальной модели любого вида в рамках общей функции

$$y = \eta(\underline{x}) + e = \underline{B}^{т} \underline{f}(\underline{x}) \qquad (2)$$

где e — суммарная ошибка; x, B, $f(x)$ — матрицы входных переменных, коэффициентов и функции-полиномов соответственно. Общая функция (2) выбирается как $y=T$, либо $y=\lg T$, где T — стойкость инструмента в мин.

Метод стохастической аппроксимации использовался для расчета и уточнения коэффициентов полиномиальных моделей стойкости резцов, оснащенных сменными многогранными пластинами из безвольфрамового твердого сплава марки КНТ16. Геометрические параметры режущей части резца составляли: $\alpha=7°$, $\gamma_ф=-7°$, $\varphi=90°$, $\varphi_1=10°$, $\lambda=8°$; применялись режущие пластины формы 02114-100412 ГОСТ 19048-80. Стойкость резцов устанавливалась по экспериментальным кривым износ — период резания и в качестве критерия затупления была принята величина площади износа по главной задней поверхности резца, равная 0,5 мм. Опыты выполнялись на токарном станке с бесступенчатым регулированием частоты вращения шпинделя при наружном продольном точении заготовок из стали марки 60 без применения СОЖ. Сочетания режимов резания и экспериментальные значения стойкости в опытных точках приведены в табл. 1.

Таблица 1

Номер точки	Режим резания			T, мин.	Номер точки	Режим резания			T, мин.
	v м/с	s мм/об	t мм			v, м/с	s, мм/об	t, мм	
1	1,00	0,12	0,7	220,0	15	2,67	0,50	1,5	13,0
2	2,67	0,12	0,7	18,0	16	2,67	0,12	1,5	22,5
3	1,00	0,50	0,7	70,0	17	1,00	0,50	1,5	125,0
4	2,67	0,50	0,7	18,0	18	1,00	0,12	1,5	115,0
5	1,00	0,12	3,0	68,0	19	2,67	0,24	3,0	13,5
6	2,67	0,12	3,0	10,0	20	2,67	0,24	0,7	24,5
7	1,00	0,50	3,0	60,0	21	1,00	0,24	3,0	41,5
8	2,67	0,50	3,0	5,5	22	1,00	0,24	0,7	155,0
9	1,00	0,24	1,5	65,0	23	1,66	0,50	3,0	20,0
10	2,67	0,24	1,5	26,5	24	1,66	0,50	0,7	42,0
11	1,66	0,12	1,5	40,0	25	1,66	0,12	3,0	11,5
12	1,66	0,50	1,5	55,0	26	1,66	0,12	0,7	28,0
13	1,66	0,24	0,7	44,0	27	1,66	0,24	1,5	48,0
14	1,66	0,24	3,0	24,0					

Погрешности полиномиальных моделей оценивались по средним отклонениям расчетных значений стойкости от экспериментальных в соответствии с данными табл. 1

$$S^2_{ср}=N^{-1}\sum_{i=1}^{N}(y_{pi}-y_{эi})^2=\frac{1}{27}\sum_{i=1}^{27}(\Delta y_i)^2 \quad мин^2. \tag{3}$$

Согласно исследованиям [2] при использовании алгоритма МСА большое значение приобретает выбор последовательности положительных чисел γ_r. На начальном этапе приближений целесообразно γ_r задавать постоянной величиной, ограниченной сверху. При этом выбор γ_r зависит от дисперсии, плана проведения и числа опытов, а также начальной суммарной ошибки аппроксимации.

Предварительные расчеты показали, что для данных условий опытов и при использовании полиномиальных моделей второго и третьего порядков величина γ_r не должна превышать 0,2. Оптимальные значения числе γ_r устанавливались на основании анализа погрешностей полиномиальных уравнений и на этапе начальных приближений составляют: 0,1 при 14 опытах; 0,04 при 27 опытах (рис. 1). С увеличением числа приближений оптимальное значение γ_r уменьшается до 0,01.

Таблица 2

Матрицы функций-полиномов			Матрицы коэффициентов		
$\underline{f}(\underline{x}_i)$	$\underline{f}(1)$	$\underline{f}(14)$	$\underline{B}_0$	$\underline{B}_1$	$\underline{B}_{14}$
1	+1	+1	47,99	56,62	48,36
X_1^2	+1	0	27,06	35,59	24,03
X_2^2	+1	0	−6,19	2,34	−4,40
X_3^2	+1	+1	−16,44	−7,91	−15,72
X_1	−1	0	−45,38	−53,91	−42,39
X_2	−1	0	2,88	−5,65	−12,39
X_3	−1	+1	−20,38	−28,91	−18,97
X_1X_2	+1	0	−4,88	3,65	14,30
X_1X_3	+1	0	25,63	34,16	14,74
X_2X_3	+1	0	−1,38	7,15	5,93

Целесообразность использования аглоритма МСА для расчета коэффициентов проверялась применительно к полиномиальным моделям различных видов от неполной квадратичной до полной кубической. Установлено, что наибольшее снижение средних отклонений достигается для моделей полных второго и третьего порядков, включающих соответственно десять и двадцать членов. В качестве примера в табл. 2 приведены матрицы функций-полиномов для модели полной второго порядка и матрицы коэффициентов: $\underline{B}_0$ — начальная, $\underline{B}_1$ и $\underline{B}_{14}$ — полученные после первого и четырнадцатого приближений и при реализации четырнадцати опытов согласно табл. 1. В результате такого последовательного изменения матрицы коэффициентов средние отклонения (3) уравнения регрессии снизились с 724,0 до 516,3 мин^2.

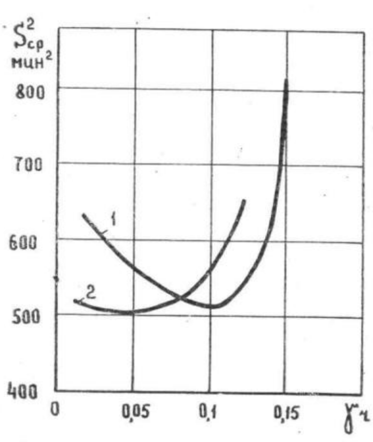

Рис. 1. Влияние числа γ_r на средние отклонения для различного количества опытов: *1* — $N=14$, *2* — $N=27$

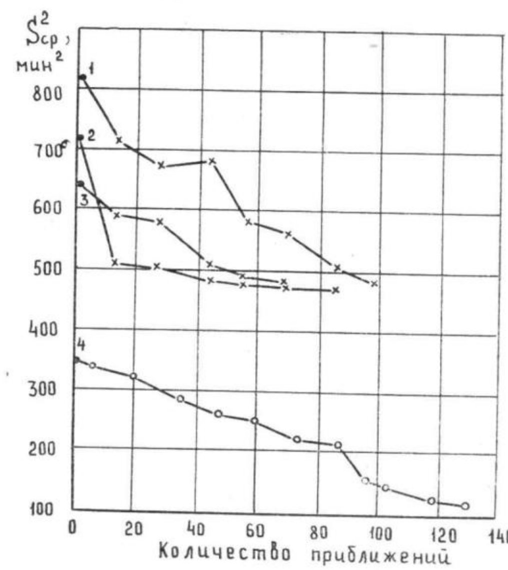

Рис. 2. Общая последовательность уменьшения средних отклонений полиномиальных уравнений стойкости: × — второго порядка, ○ — третьего порядка

Общая последовательность снижения погрешностей полиномиальных моделей стойкости резцов показана на рис. 2. Средние отклонения для полиномиальных уравнений второго порядка значительно превосходят отклонения для уравнений третьего порядка. При этом с увеличением количества приближений средние отклонения для полиномиальных уравнений третьего порядка приближаются к средней по области планирования дисперсии опыта, которая составляет 95,6 мин², и достигается принятый критерий планирования [1].

Как следует из рис. 2, конечный уровень погрешностей полиномиальных моделей, коэффициенты которых рассчитываются по алгоритму МСА, не зависит от начальной ошибки аппроксимации уравнений (точки *1, 2, 3*). Погрешности уравнений могут снижаться с увеличением количества приближений без общего увеличения числа опытов.

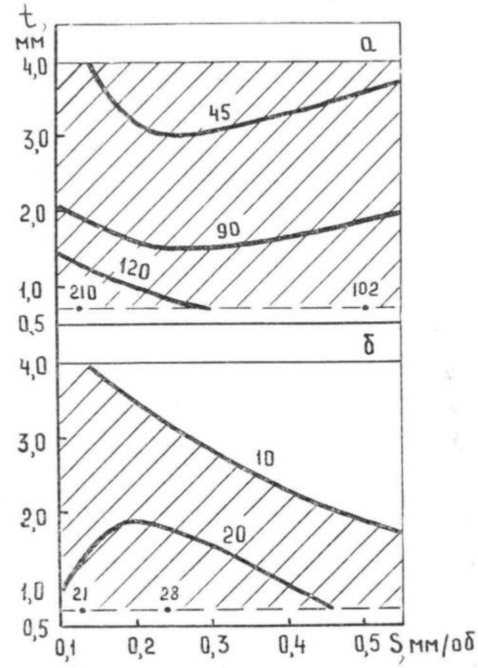

Рис. 3. Расчетные кривые равной стойкости и стойкостные точки в исследованной области глубин и подач: *а* — $v=1{,}00$ м/с, *б* — $v=2{,}67$ м/с

В результате последовательного снижения погрешностей полиномиальных моделей стойкости резцов, оснащенных пластинами из безвольфрамовых твердых сплавов, установлено уравнение третьего порядка с наименьшим средним отклонением по области планирования

$$\lg T=1{,}531-0{,}303X_1+0{,}161X_2-0{,}219X_3+0{,}136X_1^2-0.014X_1X_2+$$
$$+0{,}018X_1X_3-0{,}043X_2^2+0{,}013X_2X_3-0{,}095X_3^2+0{,}012X_1^3-0{,}214X_1^2X_2+$$
$$+0{,}002X_1^2X_3-0{,}118X_1X_2^2-0{,}052X_1X_2X_3-0{,}036X_1X_3^2+0.001X_2^3+$$
$$+0{,}039X_2^2X_3-0{,}055X_2X_3^2+0{,}001X_3^3, \qquad (4)$$

в которое факторы включаются в кодированном виде

$$X_1=4{,}691\lg v-1{,}00;\ X_2=3{,}23\lg s+1{,}97;\ X_3=3{,}16\lg t-0{,}51, \qquad (5)$$

где v, s, t — натуральные значения скорости резания, глубины и подачи в м/с, мм/об, мм.

Полученное уравнение (4) позволяет рассчитать стойкость резцов в диапазоне скоростей резания 1,00...2,67 м/с, глубин 0,7...3,0 мм и подач 0,12...0,50 мм/об, при которых наиболее целесообразно использовать безвольфрамовые твердые сплавы.

Анализ уравнения показывает, что в зависимости от скорости резания и сечения срезаемого слоя стойкость резцов изменяется в пределах 10...210 мин (рис. 3). При этом заданную стойкость можно получить путем выбора скорости резания, глубины и подачи в соответствии с (4).

Анализ результатов проведенных исследований позволяет сделать вывод об эффективности метода стохастической аппроксимации расчета коэффициентов для снижения погрешностей многофакторных полиномиальных моделей стойкости резцов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Грубый С. В. и др., Определение стойкости резцов с использованием полиномиальных моделей, «Известия вузов. Машиностроение», 1983, № 10.
2. Божанов Э. С., Применение метода стохастической аппроксимации для восстановления характеристик объектов, «Автоматика и телемеханика», 1967, № 6.

Статья поступила 5 февраля 1985 г.

621.9.025

РАСЧЕТ ПОКАЗАТЕЛЕЙ СТРУЖКООБРАЗОВАНИЯ ПРИ ОБРАБОТКЕ ЗАКАЛЕННЫХ СТАЛЕЙ ИНСТРУМЕНТОМ, ОСНАЩЕННЫМ КОМПОЗИТОМ 01

Канд. техн. наук, доц. Г. С. ЖЕЛЕЗНОВ, ассист. С. А. СИНГЕЕВ

Изложена методика и приведены формулы для расчета действительного переднего угла и усадки стружки с учетом радиуса округления лезвия и величины упругого восстановления поверхностного слоя. Результаты расчета подтверждены экспериментально.

Образование стружки при обработке закаленных сталей инструментом, оснащенным композитом 01, происходит в особенных условиях, характеризующихся малой толщиной срезаемого слоя и большим радиусом округления лезвия. Соотношение этих величин определяет действительный передний угол, характер стружкообразования и его показатели. Существенная значимость округления лезвия в этих условиях является закономерной, обусловленной, с одной стороны, высокой твердостью обрабатываемых материалов, допускающей применение малых подач при обработке, с другой стороны, низкой прочностью композита 01, из-за чего радиус округления лезвия при заточке, а также по мере износа инструмента увеличивается.

При указанных выше условиях процесс стружкообразования в зависимости от соотношения радиуса округления лезвия, переднего угла заточки и толщины срезаемого слоя может происходить так, как показано на рис. 1.

Рис. 1,*а* соответствует схеме стружкообразования, когда срезаемый слой подвергается действию передней поверхности лезвия на участке OK и округленной его части на участке KB. Рис. 1,*б* соответствует тем случаям обработки, когда срезаемый слой подвергается действию лишь округленной части лезвия, а передняя поверхность не принимает участия в образовании стружки.

В обоих случаях действительный передний угол γ отличается от переднего угла заточки $\gamma_з$. Из рис. 1,*а*, соответствующего случаю,