

НАУЧНЫЕ ЗАМЕТКИ

М. В. КАСЬЯН, М. М. СИМОНЯН, М. Т. НАДЖАРЯН

ОЦЕНКА МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ИМПУЛЬСНОЙ СИЛЫ ПРИ ПРЕРЫВИСТОМ РЕЗАНИИ

На стойкость инструмента, работающего в условиях прерывистого резания, большое влияние оказывают импульсные нагрузки, возникающие в момент врезания инструмента в обрабатываемый материал. Поэтому экспериментальное исследование процесса врезания с целью установления функциональной зависимости импульсной силы от влияющих на нее факторов является важной задачей, особенно при расчетах хрупкой прочности твердосплавного инструмента.

Анализ априорной информации, а также результаты проведенных экспериментов показывают, что на величину импульсной силы резания оказывают влияние подача s , глубина резания t и скорость резания v :

$$P_{zn} = c_{pz} \cdot t^{x_{pz}} \cdot s^{y_{pz}} \cdot v^{z_{pz}}, \quad (1)$$

где c_{pz} , x_{pz} , y_{pz} , z_{pz} — постоянные коэффициенты.

Поэтому зависимость (1) была принята в качестве математической модели для определения величины импульсной силы. Выбор плана экспериментов производился на основании вида выбранной математической модели. Уровни факторов и интервалы их варьирования выбирались с учетом режимов резания, наиболее широко применяемых на производстве. План опытов представлял собой факторный эксперимент типа 3^3 , состоящий из 27 условий проведения опытов с повторением каждого трижды.

Выявление резко выделяющихся результатов, подлежащих отбрасыванию, производилось при помощи критерия Грubbса [1]:

$$\theta = \frac{x_{\max} - \bar{x}}{s}; \quad \theta = \frac{\bar{x} - x_{\min}}{s}, \quad (2)$$

где $\bar{x}$ — среднее выборочное значение; $x_{\max}$ ($x_{\min}$) — наибольшее (наименьшее) значение опытных данных.

В табл. 1—3 приведены результаты экспериментов для различных обрабатываемых материалов при постоянной геометрии режущего

инструмента ($\gamma = 8^\circ$, $\alpha = 5^\circ$, $\varphi = 60^\circ$, $\lambda = 0^\circ$), оснащенного твердым сплавом ВК8.

Таблица 1

Подача $s \cdot 10^{-3}$ м/дв. ход	Расчетные величины	Р, Н			СЧ18					
		Скорость резания v , м/с								
		0,4			0,6			0,8		
		Глубина резания $t \cdot 10^{-3}$, м								
		0,8	2,4	4	0,8	2,4	4	0,8	2,4	4
0,5	y_1	539	1211	1672	751	1679	2512	1005	2132	3052
	y_2	582	1279	1688	753	1740	1588	1062	2169	3118
	y_3	593	1320	1747	800	1751	2632	1079	2290	3241
	$\bar{y}$	571	1270	1702	768	1723	2577	1049	2197	3137
	$\hat{y}$	565	1230	1773	786	1708	2463	991	2168	3209
	δ , %	1,05	3,14	-4,17	-2,34	0,88	4,44	5,52	1,32	-0,89
1	y_1	891	2080	2703	1241	2502	3650	1440	3378	4667
	y_2	919	2102	2798	1302	2529	3711	1461	3553	4822
	y_3	930	2168	2821	1318	2639	3819	1570	3569	4903
	$\bar{y}$	913	2117	2774	1287	2557	3727	1490	3500	4797
	$\hat{y}$	869	2176	2720	1220	2639	3796	1527	3422	4773
	δ , %	4,89	-2,80	1,95	5,20	-3,22	-2,0	-2,46	2,22	0,49
1,5	y_1	1149	2260	3378	1483	3500	4829	1781	4170	6045
	y_2	481	2312	3400	1503	3526	4950	1868	4200	6203
	y_3	1200	2339	3531	1596	3617	5062	2003	4281	6268
	$\bar{y}$	1177	2304	3436	1529	3548	4947	1884	4217	6172
	$\hat{y}$	1117	2430	3503	1550	3462	4866	1960	4283	6121
	δ , %	5,09	-5,46	-1,94	-1,37	2,41	1,64	-4,03	-1,56	0,83
$\frac{1}{n} \sum \delta $		2,72								

Оценка показателей x_{p_z} , y_{p_z} , z_{p_z} и коэффициента C_{p_z} в уравнении (1) производилась методом наименьших квадратов. На ЭВМ «Нанри-2» получены математические модели для определения величины импульсных сил (табл. 4).

При анализе полученных результатов обращалось внимание совпадение выходных величин $\hat{y}_v$, предсказанных уравнениями, приведенными в табл. 4, и экспериментальных значений $\bar{y}_v$ в v -той точке плана эксперимента. Наибольшие относительные ошибки и дисперсии

Таблица 2

Таблица 3

Подача $s \cdot 10^{-3}$, м/дв. х,	Расчетные величины	Р, Н			Сталь Х18Н9Т					
		Скорость резания v , м/с								
		0,4			0,6			0,8		
		Глубина резания $t \cdot 10^{-3}$, мм								
		0,8	2,4	4	0,8	2,4	4	0,8	2,4	4
0,5	$\bar{y}$	1241	2864	4311	1775	4168	6547	2285	5371	8412
	$\wedge y$	1198	2949	4483	1718	4180	6431	2220	5465	8308
	δ , %	3,46	-6,97	-2,56	3,21	-0,29	1,77	2,84	-1,75	1,24
1	$\bar{y}$	1992	5182	7087	3210	7623	11987	3724	9732	—
	$\wedge y$	1946	4996	7283	3276	7562	12210	3606	9352	13496
	δ , %	2,31	3,6	-2,76	-2,06	0,8	-1,86	3,2	4,01	—
1,5	$\bar{y}$	2523	6287	9820	3734	9951	13345	4662	12165	—
	$\wedge y$	2585	6363	9674	3708	9728	43877	4790	11792	17927
	δ , %	-2,46	-1,21	1,49	0,7	2,24	-4	-2,74	3,06	—
$\frac{1}{n} \sum \delta $		2,34								

наблюдались при строгании серого чугуна. Учитывая это, статистическая оценка полученной математической модели производилась только для процесса строгания СЧ18.

При обработке экспериментальных данных определяли дисперсию, характеризующую ошибку опыта [1]:

$$s_v^2 = \frac{\sum_{j=1}^r (y_{vj} - \bar{y}_v)^2}{r-1}, \quad (3)$$

где y_{vj} — значение опытов в столбце плана; $\bar{y}_v$ — среднее значение из r повторных наблюдений в v -той точке плана эксперимента.

Таблица 4

Вид обработки	Обрабатываемый материал	Математический модуль импульсной силы
Строгание	Сталь 45	$P_{z_{II}} = 8,83 \cdot 10^7 \cdot t^{0,78} \cdot s^{0,66} \cdot v^{0,85}$
	Сталь Х18Н9Т	$P_{z_{II}} = 1,917 \cdot 10^8 \cdot t^{0,82} \cdot s^{0,7} \cdot v^{0,89}$
	СЧ18	$P_{z_{II}} = 2,09 \cdot 10^7 \cdot t^{0,71} \cdot s^{0,62} \cdot v^{0,81}$
фрезерование	Сталь 45	$P_{z_{II}} = 2,673 \cdot 10^7 \cdot B^{0,82} \cdot s^{0,64} \cdot v^{0,67}$
	Сталь Х18Н9Т	$P_{z_{II}} = 4,9 \cdot 10^7 \cdot B^{0,81} \cdot t^{0,68} \cdot v^{0,82}$
	СЧ18	$P_{z_{II}} = 7,228 \cdot 10^6 \cdot B^{0,73} \cdot s^{0,58} \cdot v^{0,54}$

Проверка однородностей производилась по критерию Кохрана:

$$C = \frac{s_{v_{\max}}^2}{\sum_{v=1}^n (s_v^2)} = 0,193. \quad (4)$$

Полученное значение G меньше табличного значения $G_{кр} = 0,262$ для $f_{v_{\max}} = 2$ и $f_{\text{знам}} = 27$ при уровне значимости 0,01 [3], что подтверждает гипотезу об однородности дисперсий.

Усредненная дисперсия по всему эксперименту (дисперсия воспроизводимости) определялась по формуле [1]:

$$S^2\{y\} = \frac{\sum_{v=1}^n s_v^2}{n} = 0,505, \quad (5)$$

где $n=27$ число условий плана.

Адекватность математической модели (1) проверялось по F —критерию Фишера:

$$F = \frac{s_{a,1}^2}{s^2\{y\}} = 1,89, \quad (6)$$

Дисперсию адекватности $s_{a,1}^2$ определяли по формуле [4]:

$$s_{a,1}^2 = \frac{r}{n - m} \sum_{v=1}^n (\bar{y}_v - \bar{y}_v)^2, \quad (7)$$

где $m=4$ —число членов в уравнении (1), включая и свободный член. $m = 4$, что меньше табличного значения $F_{кр} = 2,55$ при $f_{ад} = n - m$ и $f = n(r - 1) = 54$ степенях свободы и уровне значимости $\alpha=0,01$ [4].

Хорошее совпадение расчетных и экспериментальных результатов, что доказано адекватностью модели и оценкой относительной ошибки несоответствия расчетных и экспериментальных данных, свидетельствует об отсутствии или незначительном влиянии парной и тройной взаимодействий в исследуемой области варьирования факторов, что априорно предлагалось при выборе вида математической модели. Это подтверждает, что полученная математическая модель адекватно описывает изменение силы резания в переходном периоде в зависимости от режимов резания и может быть использована для определения величины импульсной силы.

Кир. фил. ЕрПИ им. К. Маркса

24. II. 1984.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кацев П. Г. Статистические методы исследования режущего инструмента—М.: Машиностроение, 1974.—231 с.
2. Даниэль К. Применение статистики в промышленном эксперименте.—М.: Мир, 1979.—294 с.
3. Корн Г., Корн Т. Справочник по математике.—М: Наука, 1970.—720 с.
4. Душинский В. В., Пуховский Е. С., Радченко С. Г. Оптимизация технологических процессов в машиностроении.—Киев: Техника, 1977.—175 с.