

МАШИНОСТРОЕНИЕ

М. В. КАСЬЯН, Г. Б. БАГДАСАРЯН, А. В. ГИНОСЯН

ОПТИМИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ ПРОЦЕССА РЕЗАНИЯ
ПО ОБЪЕМНОЙ ДЕФОРМАЦИИ СТРУЖКИ

Существующие методы оптимизации параметров режимов резания, основанные на базе получения минимальной стоимости обработки, заданных показателей качества обработанной поверхности и оптимальной стойкости режущего инструмента по температуре контакта, широко внедряются в практику машиностроения. Однако, каждый из этих методов не поддается контролю со стороны исполнителя, а характеристика образуемой стружки в ряде случаев приводит к снижению производительности и ограничивает возможности многостаночного обслуживания. Работы, проведенные в этом направлении [1, 2], показали возможности классификации стружки при обработке металлов с различными физико-механическими свойствами и параметрами режимов резания.

К числу решения важнейших задач по рациональному использованию станочного парка машиностроительных производств относятся:

1. Применение инструмента по наименьшему сопротивлению для минимизации энергоемкости процесса резания.
2. Определение формы и характера схода стружки.
3. Расчет оптимальных условий резания.

Задача настоящего исследования заключается в определении необходимых и достаточных условий безаварийной работы на автоматических и поточных линиях при работе инструментами наименьшего сопротивления.

Решение этой задачи разделено на два этапа. На первом этапе ставится цель определить для каждого типа материала диапазоны их сочетаний режимов резания, при которых обеспечивается получение оптимальной формы стружки, а на втором этапе ставится цель определить среди полученных диапазонов режимов резания такие, при которых кроме оптимальной формы стружки будет также обеспечено оптимальное значение качества поверхности.

В [1, 2] установлено, что при точении пластичных материалов получается пять форм стружек (А, В, С, Д, Е) и каждая из них обусловлена объемной деформацией стружки. Там же приведена методика определения этой деформации по геометрическим параметрам стружки.

Форма связи объемной деформации от режимов резания находится, согласно [1]:

$$\delta_{сж} = C_1 \cdot v^{z_1} \cdot s^{z_2} \cdot f^{z_3}, \quad (1)$$

где v, s, f — режимы резания; z_1, z_2, z_3 — показатели степеней; C_1 — коэффициент, зависящий от обрабатываемого материала, материала резца и т. д.

Для вывода уравнения (1) проведены эксперименты на станке 16К20 методом статистического планирования [3] и применением материалов: сталь Ст3, ж. Армо, латунь ЛС-59, медь М1.

Величины $\delta_{сж}$ определяются согласно [1]:

$$\delta_{сж} = \sqrt{0,67 (\delta_l^2 + \delta_a^2 + \delta_b^2)}, \quad (2)$$

где $\delta_l = \ln(1 + \Delta l)$; $\delta_a = \ln(1 + \Delta a)$; $\delta_b = \ln(1 + \Delta b)$;

$$\Delta l = \left(\frac{l}{l_1} \right); \quad \Delta a = \left(\frac{a_1}{a} \right); \quad \Delta b = \left(\frac{b_1}{b} \right);$$

l, a, b и l_1, a_1, b_1 — соответственно, длина, толщина, ширина среза и стружки. План эксперимента с результатами приведен в табл. 1.

Таблица 1

План факторного эксперимента типа 2⁸

№ опыта	v, м/мин	s, мм/об	f, мм	$\delta_{сж}$			
				сталь Ст3	ж. Армо	латунь ЛС59	медь М1
1	50	0,07	0,25	2,08	1,94	1,45	2,58
2	200	0,07	0,25	1,81	1,78	1,35	2,53
3	50	0,2	0,25	1,93	1,67	1,42	2,24
4	200	0,2	0,25	1,68	1,53	1,32	2,21
5	50	0,07	0,5	1,72	1,74	1,31	2,25
6	200	0,07	0,5	1,5	1,61	1,23	2,21
7	50	0,2	0,5	1,6	1,5	1,28	1,96
8	200	0,2	0,5	1,36	1,37	1,2	1,92

Для определения неизвестных уравнений (1) составлены матрицы планирования на базе табл. 1 [4].

Уравнение регрессии, согласно факторному плану, имеет следующий вид:

$$y = \ln \delta_{сж} = b_0 + b_1 x_1 + b_2 x_2 + b_3 x_3 + b_{12} x_1 x_2 + b_{13} x_1 x_3 + b_{23} x_2 x_3 + b_{123} x_1 x_2 x_3; \quad (3)$$

где $b_0, b_1, b_2, b_3, b_{12}, b_{13}, b_{23}, b_{123}$ — коэффициенты регрессии; x_1, x_2, x_3 — значения полиномов, которые определяются согласно [4]:

$$x_i = \frac{2(\ln T_i - \ln T_{\max})}{\ln T_{\max} - \ln T_{\min}} + 1, \quad (4)$$

где T_i , $T_{\min}$, $T_{\max}$ — текущее, минимальное и максимальное значения параметров (v , s или t).

После ряда преобразований получаем для:

стали Ст3 —
$$\delta_{\text{сж}} = \frac{e^{0,5297}}{v^{0,1636} \cdot s^{0,07} \cdot t^{0,27}};$$

ж. Армо —
$$\delta_{\text{сж}} = \frac{e^{0,3}}{v^{0,06} \cdot s^{0,15} \cdot t^{0,15}};$$

латуни ЛС59 —
$$\delta_{\text{сж}} = \frac{e^{0,4086}}{v^{0,08} \cdot s^{0,02} \cdot t^{0,14}};$$

меди М1 —
$$\delta_{\text{сж}} = \frac{e^{0,2704}}{v^{0,16} \cdot s^{0,14} \cdot t^{0,29}}.$$

(5)

Дисперсионный анализ показал, что полученные уравнения (5) адекватны при 1% значимости и хорошо совпадают с результатами эксперимента.

Таблица 2

Матрица планирования плана 2⁴

№ опыта	x_0	x_1	x_2	x_3	$x_1 \cdot x_2$	$x_1 \cdot x_3$	$x_2 \cdot x_3$	$x_1 \cdot x_2 \cdot x_3$	$y = \ln \delta_{\text{сж}}$			
									сталь Ст3	ж. Армо	латунь ЛС59	медь М1
1	+	—	—	—	—	+	+	—	0,74	0,37	0,66	0,95
2	+	+	—	—	—	—	+	—	0,59	0,3	0,58	0,93
3	+	—	+	—	—	—	—	+	0,66	0,34	0,51	0,81
4	+	+	+	—	+	—	—	—	0,51	0,27	0,43	0,79
5	—	—	—	+	+	—	—	+	0,54	0,27	0,56	0,81
6	—	+	—	+	—	+	—	—	0,4	0,2	0,47	0,79
7	+	—	+	+	—	—	+	—	0,47	0,25	0,4	0,67
8	+	+	+	+	+	+	+	+	0,32	0,18	0,32	0,65

Исходя из анализа этих уравнений, для каждого типа материала установлены диапазоны режимов резания, при которых получают стружки класса А—В, которые считаются оптимальными и имеют $\delta_{\text{сж}} = 1,29—1,39$.

На рис. 1, 2, 3 приведено влияние v , s , t на $\delta_{\text{сж}}$ для всех типов материалов, а также предварительная зона $\delta_{\text{сж}} = 1,29—1,39$, где возможно получение оптимальных параметров v , s , t и стружки.

Определение значения искомых величин v , s , t в указанной зоне определяются методом линейного программирования. Для этого необ-

ходимо написать уравнения (5) в целевом виде и учесть все ограничения параметров v , s , t [4]. Решая на ЭВМ «Напри 3-1» систему неравенств, получаем следующие значения параметров, при которых получают стружки формы А и В (табл. 3).

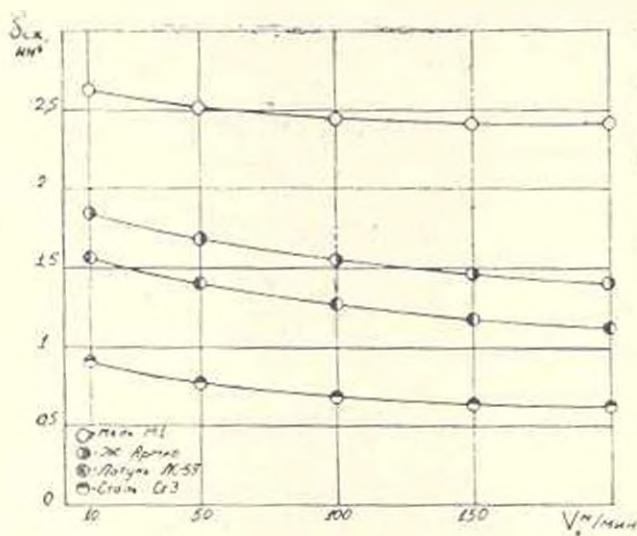


Рис. 1.

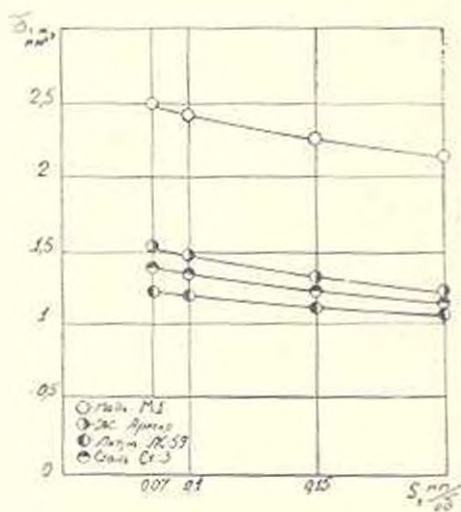


Рис. 2.

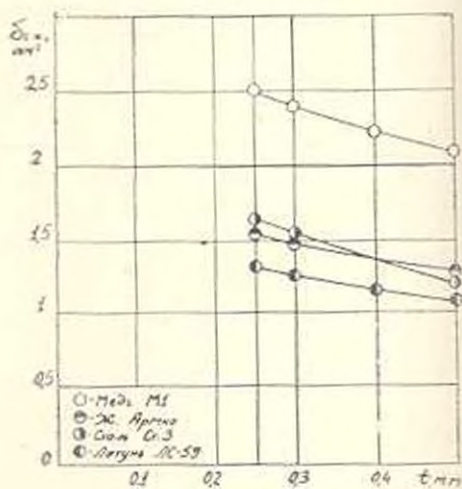


Рис. 3.

Таблица 3

Параметры резания	Материалы			
	Ст3	ж. Армо	ЛТ50	М1
v , м/мин	200	200	200	200
s , мм/об	0.2	0.2	0.07	0.07
t , мин	0.5	0.5	0.5	0.03

Краевые условия плиты будут:

$$N_r = -P_1, \quad w = 0, \quad \frac{\partial w}{\partial r} = 0 \quad \text{при } r = a; \quad (2)$$

$$\frac{\partial w}{\partial r} = 0 \quad \text{при } r = 0.$$

Учитывая осесимметричность приложенных сил и изогнутой поверхности плиты, уравнение (1) может быть представлено в виде:

$$\int_0^a [A_r(t) \delta e_r(t) + N_b(t) \delta e_\theta(t) + M_r(t) \delta x_r(t) + M_\theta(t) \delta x_\theta(t)] r dr -$$

$$- P_1(t) \delta u(a, t) = 0. \quad (3)$$

Уравнение (3) эквивалентно дифференциальному уравнению равновесия нормальных сил

$$\frac{\partial}{\partial r} [r N_r(t)] - N_\theta(t) = 0 \quad (4)$$

и вариационному уравнению

$$\int_0^a \left\{ \frac{\partial^2}{\partial r^2} [r M_r(t)] - \frac{\partial M_\theta(t)}{\partial r} + \frac{\partial}{\partial r} \left[r N_r(t) \frac{\partial w_\pm(t)}{\partial r} \right] \right\} \delta w(r, t) dr = 0. \quad (5)$$

Вводя функцию напряжений

$$N_r(r, t) = \frac{1}{r} \frac{\partial \Phi(r, t)}{\partial r}; \quad N_\theta(r, t) = \frac{\partial^2 \Phi(r, t)}{\partial r^2} \quad (6)$$

и следуя [6], получим:

$$\frac{\partial}{\partial r} \left[\nabla^2 \Phi(r, t) \right] = - \frac{1 - \nu^2}{2r} \left\{ A_0(t) \left[\left(\frac{\partial w_\pm(r, t)}{\partial r} \right)^2 - \left(\frac{\partial w_0(r)}{\partial r} \right)^2 \right] - \right.$$

$$\left. - \int_0^z B_0(\tau) \left[\left(\frac{\partial w_\pm(r, \tau)}{\partial r} \right)^2 - \left(\frac{\partial w_0(r)}{\partial r} \right)^2 \right] R(t, \tau) d\tau \right\} \quad (7)$$

Подставляя выражения $M_r(t)$ и $M_\theta(t)$ из [6] в (5), учитывая (2) и (4), получим:

$$\int_0^a \left\{ A_1(t) \nabla^2 \nabla^2 w(r, t) - \int_0^z B_1(\tau) \nabla^2 \nabla^2 w(r, \tau) R(t, \tau) d\tau - \right.$$

$$\left. - \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left[\frac{\partial \Phi(r, t)}{\partial r} \frac{\partial w_\pm(r, t)}{\partial r} \right] \right\} \delta w(r, t) r dr = 0. \quad (8)$$

Экспериментальная апробация показала удовлетворительное совпадение расчетных данных с практическим.

Таким образом, по величине объемной деформации стружки можно управлять процессом резания и предопределить форму и характер схода стружки.

ВНИИРИ

16 V. 1983

Մ. Վ. ԿԱՍԵԱՆ, Շ. Բ. ԲԱԳԴԱՍՅԱՆ, Հ. Վ. ԳՐԻՈՍՅԱՆ

ԿՏՐՄԱՆ ՊՐՈՑԵՍԻ ՊԱՐԱՄԵՏՐՆԵՐԻ ՕՊՏԻՄԻԶԱՑԻՈՒՄԸ ԸՍՏ ՏԱՀԵՂԻ ՍԱՎԱԼԱՅԻՆ ԳԵՅՈՐԾԱՑԻԱՅԻ

Ա Վ Փ Ո Փ Ո Ւ Մ

Կտրման ռեժիմների որոշման համար գոյություն ունեն օպտիմիզացման մի շարք եղանակներ, որոնք թույլ են տալիս ապահովել կտրիչի առաժկադույն կայունությունը, մշակման նվազագույն ինքնարժեքը և այլն: Սակայն այդ եղանակների իրացումը կապված է դժվարությունների հետ և հաճախ հետադոտորդից պահանջում է ընդհատել կտրման պրոցեսը: Տվյալ աշխատանքը զգալի թեթևափայլում է օպտիմիզացման պրոցեսի պարամետրերի որոշումը և ունի պիտանական ու գործնական նշանակություն: Աշխատանքի հիմքը կազմում են տալեղի ծավալային դեֆորմացիայի հաշվարկը և նրա դասակարգումը որպես օպտիմիզացման լափանիշ:

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Багдасарян Г. Б., Геноркян А. О. Исследование характера формирования оптимальной формы стружки по ее объемной деформации при работе НСП резцами конструции ВНИИ.— В сб.: X конф. Ленфильмала ЕРПИ, 1976, с. 177—186.
2. Багдасарян Г. Б., Геноркян А. О. Оптимальные условия деформации стружки при обработке на автоматических линиях.— Изв. АН АрмССР, (сер. ТН), 1976, т. XXIX, № 3, с. 20—26.
3. Касьян М. В., Багдасарян Г. Б., Арутюнян Г. А. Методы планирования экспериментов и области резания металлов и математической обработки результатов.— Ереван: Айастан, 1976.— 192 с.
4. Касьян М. В., Багдасарян Г. Б., Арутюнян Г. А. Оптимизация режимов резания при решении технологических задач.— Ереван: Анастан, 1981.— 182 с.