

ИССЛЕДОВАНИЕ ОБРАБАТЫВАЕМОСТИ СПЛАВА ХН77ТЮР
ПРИ ТОЧЕНИИ

Целью проведенного исследования являлось получение уточненных зависимостей для расчета стойкости и составляющих силы резания в выбранном диапазоне изменения переменных и анализ влияния факторов на выбранные целевые функции.

Стойкостные и силовые испытания проводились на станке 1К62 с вариатором ВР-1. Жесткость станка соответствовала ГОСТ 18097-72. Использовались резцы с сечением державки 16x25, оснащенные твердым сплавом ВК100М. Заточка резцов производилась на круге из синтетического алмаза АСО6-БГ-150 со следующей геометрией: $\varphi = 45^\circ$; $\varphi_1 = 15^\circ$; $\lambda = 0$; $\gamma = 5-10^\circ$; $f_\varphi = 0,2 - 0,6$ мм; $r_\varphi = -2^\circ / -/+2^\circ / \frac{1}{4}$; $r = 1$ мм. Параметры режима резания изменялись таким образом: $V = 15-28$ м/мин; $S = 0,11-0,23$ мм/об; $t = 1-2,5$ мм.

В исследовании применен планируемый дробный факторный эксперимент 2^{6-2} . При конструировании матриц планирования ставилась задача выявить соответствующие эффекты взаимодействия факторов. В принятой матрице планирования стойкостного эксперимента использован следующий обобщающий определяющий контраст: $X_1 X_2 X_3 X_5 = X_2 X_3 X_4 X_6 = X_1 X_4 X_5 X_6 = 1$.

$$\text{где } X_1 = \frac{\lg V - 1,31165}{0,13555}; \quad X_2 = \frac{\lg S^* - 0,20155}{0,16015};$$

$$X_3 = \frac{\lg t - 0,19895}{0,19895}; \quad X_4 = \frac{\lg \gamma - 0,8495}{0,1505}; \quad X_5 = \frac{\lg f_\varphi^* - 0,5396}{0,2386};$$

$$X_6 = \frac{\lg r_\varphi^* - 0,99115}{0,09805}; \quad S^* = 10 S; \quad f_\varphi^* = 10 f_\varphi; \quad r_\varphi^* = 10 + r_\varphi \cdot (1)$$

Экспериментальные данные для получения уравнения регрессии использовались после анализа однородности выборочных дисперсий с помощью критерия Кохрена для уровня значимости 0,05 [2]. Реализация результатов эксперимента дала следующее уравнение в преобразованных переменных:

$$\lg T = 1,8488 - 0,0911 X_1 - 0,0430 X_2 - 0,0348 X_3 + 0,0113 X_4 - 0,0904 X_5 +$$

$$\begin{aligned}
 & +0,0484X_6 - 0,0348X_1X_2 + 0,0096X_1X_3 + 0,0194X_1X_4 - \\
 & - 0,0279X_1X_5 - 0,0106X_1X_6 - 0,046X_2X_4 - 0,0203X_2X_6, \quad (2)
 \end{aligned}$$

где $\lg T$ - средний отклик в точке плана.

Переходя к значениям натуральных факторов, получим

$$T = 2006000 V^{n(v)} s^{n(s)} t^{-0,6418} \gamma^{-2,6960} \varphi^{0,7526} (\gamma_{\varphi} + 10)^{0,5652} \quad (3)$$

$$\begin{aligned}
 \text{где } \Pi(V) = & -2,2737 - 1,6031 \lg s + 0,3560 \lg t + 0,9510 \lg \gamma - 0,8626 \lg \varphi - \\
 & - 0,8881 \lg (10 + \gamma_{\varphi});
 \end{aligned}$$

$$\Pi(s) = 4,8823 - 1,9085 \lg \gamma - 1,4396 \lg (10 + \gamma_{\varphi}).$$

Полученная зависимость не противоречит сложившимся в теории резания представлениям, несколько уточняет их. Анализ зависимостей (2) и (3) позволяет сделать следующие выводы: степень воздействия скорости резания на стойкость резца зависит от того уровня, на котором находятся значение подачи и ширина ленточки фаски; влияние продольной подачи на стойкость зависит от тех значений, которые принимают скорость резания и передний угол; в принятом диапазоне изменения факторов существенное влияние на стойкость оказывает ширина ленточки фаски на режущей кромке, величину которой целесообразно уменьшать.

Ортогональность матрицы планирования позволяет получить зависимость, близкую к нормативной:

$$V = \frac{640,9}{T^{1,6714} s^{0,4488} t^{0,2923}} \gamma^{-0,1255} \varphi^{-0,6333} (\gamma_{\varphi} + 10)^{0,9188} \quad (4)$$

Сравнение формул (3) и (4) (рис.1) наглядно иллюстрирует эффект взаимовлияния факторов. В данном примере разница в значениях достигает 6%.

Исследование значимости коэффициентов уравнения (2) с помощью критерия Стьюдента [2] показало, что ряд коэффициентов незначим и уравнение можно представить в виде

$$\begin{aligned}
 \text{или } T = & 1,8488 - 0,0811X_1 - 0,0430X_2 - 0,0348X_3 - 0,0904X_5 + \\
 & + 0,0484X_6 - 0,0348X_1X_2 - 0,0279X_1X_5 - 0,046X_2X_4. \quad (5)
 \end{aligned}$$

Адекватность полученной математической модели (5) проверена с помощью F - критерия Фишера [1].

В натуральных переменных уравнение (5) будет выглядеть следующим образом:

$$V = \frac{198,6}{T \cdot 0,4395 \cdot S^{-1,5186+0,7045 \lg V} + 0,8388 \lg \gamma + 0,0769} \times \gamma^{-0,6697} \cdot f_{\varphi}^{0,3308-0,3791 \lg V} (10+\gamma_{\varphi})^{0,2416} \quad (6)$$

В матрице планирования эксперимента по исследованию составляющих силы резания для более подробного изучения воздействия факторов γ , f_{φ} и γ_{φ} приняты следующие генерирующие соотношения: $X_5 = -X_1 X_2$ и $X_6 = -X_3 X_4$. Фиксация целевых функций P_x , P_y , P_z происходила при $h_z = 0,15-0,2$ мм.

После проверки однородности выборочных дисперсий для каждой составляющей силы резания в натуральных переменных можно записать:

$$P_x = 8,999V^{\Pi(V)} S^{\Pi(S)} T^{\Pi(T)} \gamma^{\Pi(\gamma)} f_{\varphi}^{\Pi(f_{\varphi})} (\gamma_{\varphi}+10)^{1,7023}, \quad (7)$$

где $\Pi(V)=0,3570+1520 \lg t + 0,3922 \lg \gamma - 0,6954 \lg (10 + \gamma_{\varphi})$;

$$\Pi(S) = -0,1858 - 0,3672 \lg t - 0,3029 \lg \gamma + 0,8439 \lg (10 + \gamma_{\varphi});$$

$$\Pi(T) = 0,5034 + 0,2507 \lg f_{\varphi};$$

$$\Pi(\gamma) = -0,7844 + 0,1337 \lg f_{\varphi};$$

$$\Pi(f_{\varphi}) = -0,3856 + 0,2380 \lg (10 + \gamma_{\varphi});$$

$$P_y = 69,52V^{\Pi(V)} S^{\Pi(S)} T^{\Pi(T)} \gamma^{\Pi(\gamma)} f_{\varphi}^{\Pi(f_{\varphi})} (\gamma_{\varphi}+10)^{0,2431}, \quad (8)$$

где $\Pi(V)=0,1170+0,2225 \lg t + 0,0931 \lg \gamma - 0,1927 \lg (10 + \gamma_{\varphi})$;

$$\Pi(S) = 0,2592 - 1,1424 \lg t + 0,0705 \lg \gamma + 0,1631 \lg (10 + \gamma_{\varphi});$$

$$\Pi(T) = -0,7546 + 0,0253 \lg f_{\varphi};$$

$$\Pi(\gamma) = -0,0724 + 0,0724 \lg f_{\varphi};$$

$$\Pi(f_{\varphi}) = -0,3228 + 0,2332 \lg (10 + \gamma_{\varphi});$$

$$P_z = 98,17V^{\Pi(V)} S^{\Pi(S)} T^{\Pi(T)} \gamma^{\Pi(\gamma)} f_{\varphi}^{\Pi(f_{\varphi})} (\gamma_{\varphi}+10)^{0,6278}, \quad (9)$$

где $\Pi(V) = 0,2772 - 0,3654 \lg t - 0,2059 \lg \gamma - 0,1843 \lg (10 + \gamma_{\varphi})$;

$$\Pi(S) = 0,5352 - 1,2680 \lg t - 0,2282 \lg \gamma + 0,4255 \lg (10 + \gamma_{\varphi});$$

$$\Pi(T) = -0,0303 - 0,0484 \lg f_{\varphi};$$

$$\Pi(\gamma) = -0,0223 - 0,1253 \lg f_{\varphi};$$

$$\Pi(f_{\varphi}) = 0,1217 + 0,0095 \lg (10 + \gamma_{\varphi}).$$

Область применения уравнений (3), (7), (8), (9) - программы оптимизации режима резания на ЭВМ.

Несколько упростив полученные зависимости, получим нормативные формулы:

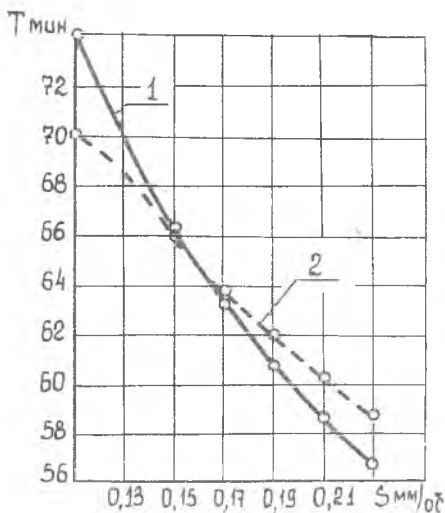
$$P_x = 93,19 v^{0,0310} s^{0,3203} t^{0,8806} \gamma^{-0,0897} f_{\varphi}^{0,0138} (10 + \gamma_{\varphi})^{0,0068} \quad (10)$$

$$P_y = 116,3 v^{-0,0007} s^{0,2535} t^{0,4373} \gamma^{-0,0399} f_{\varphi}^{-0,0251} (10 + \gamma_{\varphi})^{0,0545} \quad (11)$$

$$P_z = 307,0 v^{-0,1527} s^{0,5108} t^{0,5278} \gamma^{-0,0525} f_{\varphi}^{-0,0151} (10 + \gamma_{\varphi})^{0,0420} \quad (12)$$

Сравнение зависимостей (9) и (12) на рис.2 наглядно показывает, что влияние эффектов взаимопонимания факторов на силу резания существенно и может достигать 25%.

Отбрасывая незначимые коэффициенты в приведенных уравнениях,



можно получить формулы в натуральных переменных:

$$P_x = 23,885 v^{-0,4431} s^{-0,3672} \lg t + 0,8439 \lg (10 + \gamma_{\varphi}) + 0,7028 + 0,2507 \gamma^{-0,0897} f_{\varphi}^{-0,0499} (10 + \gamma_{\varphi})^{0,6738} \quad (13)$$

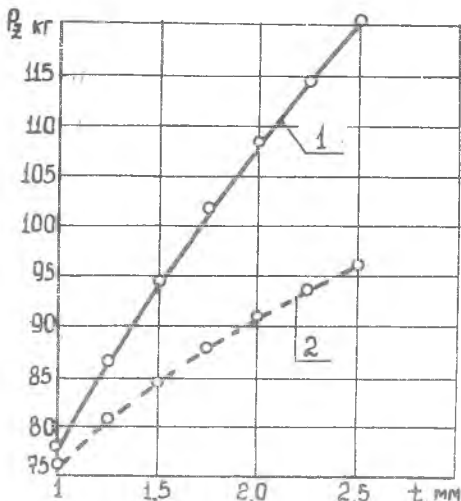
$$P_y = 147,8 s^{0,4808} v^{-1,1424} \lg t \times v^{-0,4749} \quad (14)$$

$$P_z = 477,2 v^{-0,1527} s^{0,7631} v^{-1,2680} \lg t^{-0,4846} \quad (15)$$

Р и с.1. Влияние подачи на период стойкости при точении сплава ХН77ТЮР резцом из сплава ВК10СМ:
1 - зависимость с учетом взаимовлияния факторов [формула (3)];
2 - нормативная зависимость [формула (4)]

Незначимость отброшенных коэффициентов в нашем случае следует объяснить выбором узкого диапазона варьирования переменных. Соответствие полученных зависимостей экспериментальным данным в точках плана проверено с помощью F - критерия Фишера [2] .

Анализ выражений (I3), (I4), (I5) дает количественное представление о том вкладе, который вносит данный фактор в изменение целевой функции. Так, изменение скорости резания V не влияет на составляющие P_x и P_y : продольная подача в наибольшей степени влияет на составляющую P_z ; воздействие глубины резания на силу резания зависит от того уровня, на котором находится в данный момент подача.



Р и с. 2. Влияние глубины резания на вертикальную составляющую силы резания: 1 - зависимость с учетом взаимодействия факторов [формула (9)] ; 2 - нормативная зависимость [формула (I2)]

Л и т е р а т у р а

1. К р у г Г.К. Теоретические основы планирования экспериментальных исследований. МЭИ, 1973.
2. Б о л ь ш е в Л.Н., С м и р н о в Н.В. Таблицы математической статистики. М., "Наука", 1965.