

После определения коэффициентов регрессии с помощью формул (1) были получены уравнения

$$\left. \begin{aligned} y_{A_{al}}''' &= 0,195 - 0,0095X_1 + 0,037X_2 + 0,0005X_1 \cdot X_2, \\ y_{A_{ai}}'' &= 0,112 - 0,0052X_1 + 0,024X_2 + 0,0005X_1 \cdot X_2, \\ y_{F_{ir}}'' &= 0,085 - 0,0043X_1 + 0,012X_2 + 0,0025X_1 \cdot X_2. \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

Однако проверка значимости коэффициентов регрессии показала, что b_{12} незначимы. Итак, они могут быть исключены из уравнений системы (4). Получив уравнения регрессии, следует проверить их адекватность, т.е. способность достаточно хорошо описывать поверхность отклика. Эта проверка осуществляется с помощью критерия Фишера [1]. Результаты расчета показали, что все уравнения адекватны.

Таким образом, полученные математические модели можно применять для прогнозирования изменения точности зубчатых колес в зависимости от режима резания и также для решения экстремальных задач.

УДК 621.941.1.014.3

И.А. КАШТАЛЬЯН

ВЛИЯНИЕ РЕЖИМОВ ОБРАБОТКИ НА ПРОЦЕСС КИНЕМАТИЧЕСКОГО СТРУЖКОЛОМАНИЯ НА ТОКАРНЫХ СТАНКАХ С ЧПУ

Метод разделения стружки на элементы с помощью периодического останова резца нашел широкое применение при точении вязких сталей. На универсальных токарных станках останова резца, как правило, осуществляется с помощью различных прерывателей, включаемых в механизмы подачи станка (кулачки с вырезами, тормозные электромагнитные муфты и т.д.). При этом время выстоя резца $t_{в}$ равно времени одного оборота детали. За это время происходит подрезка стружки на всю ее толщину. В идеальном случае время выстоя $t_{в3}$ будет равно $t_{в3} = \frac{60}{n}$, где n — число оборотов шпинделя в минуту. В действительности оно будет больше на время срабатывания механизма прерывания подачи, которое учитывается через коэффициент быстрогодействия ψ . Например, для привода подачи с ведущей электромагнитной муфтой значение $\psi = 1,1 \dots 1,25$. Поэтому фактическое время выстоя будет равно $t_{в3} = \psi \frac{60}{n}$, что приводит к дополнительным потерям машинного времени.

Наряду с этим экспериментально установлено, что для ломания стружки подача резца может быть остановлена на время $t_{в3}$, которое меньше времени оборота обрабатываемой детали [1]. Время $t_{в3}$ зависит от режимов резания, материала обрабатываемой детали, геометрии режущей части инструмента и т.д. Поэтому необходимым условием повышения производительности обработки при данном способе стружколомания является управление временем $t_{в3}$.

На станках с ЧПУ функцию изменения величины подачи от некоторого значения s до 0 берет на себя управляющее устройство. В системах ЧПУ, построенных по принципу мини-ЭВМ, эта задача сводится лишь к изменению части математического обеспечения, для чего дополнительно вводится алгоритм прерывания подачи. Такой алгоритм описан в работе [1]. В данном алгоритме время выстоя резца $t_{в3}$ выражено через амплитуду подрезки A (величина, на которую подрезается стружка в направлении, противоположном подаче). Для каждого конкретного перехода (прохода) амплитуда будет равна

$$A = K s, \quad (1)$$

где s — подача, мм/об; K — коэффициент подрезки, учитывающий влияние различных факторов на величину амплитуды A . Величина A задается в кадрах, где необходимо кинематическое стружколомание.

С целью определения влияния режимов резания на коэффициент подрезки K проводились опыты на токарном патронном полуавтомате мод. 1734ф3 с устройством ЧПУ Н55-1. Обрабатывались заготовки диаметром 200 мм из горячекатанной стали 45 ($\sigma_{в3} = 66$ кгс/мм²; НВ = 170...179) и стали 20Х ($\sigma_{в3} = 47$ кгс/мм²; НВ = 131). Обработка велась проходным резцом, оснащенным твердым сплавом Т15К6 с геометрическими параметрами режущей части: $\varphi = 90^\circ$, $\varphi_1 = 10^\circ$, $\alpha = 12^\circ$, $\gamma = -5^\circ$, $\lambda = 0^\circ$. В качестве СОЖ применялась эмульсия. В зону резания жидкость подавалась непрерывной струей.

В программах, по которым велась обработка, значение амплитуды A в каждом последующем кадре возрастало на 0,01 мм по сравнению с предыдущим. Причем для всех исследуемых подач амплитуда изменялась от 0 до s . Длина перемещений в пределах кадра была равна 10 мм. Для регистрации результатов разделения стружки на элементы обработка велась в режиме "останов по концу кадра". Регистрировались кадры (амплитуда прерывания A), в которых стружколомание было устойчивым. Графики строились по среднеарифметическим значениям результатов десяти опытов. Влияние скорости резания на коэффициент подрезки K исследовали при глубине ре-

зания 3 мм и подачах 0,2; 0,3; 0,4; 0,5 мм/об. Скорость резания изменяли в пределах от 60 до 150 м/мин.

Установлено, что с возрастанием скорости резания растет и величина коэффициента подрезки K . Кроме того, расширяется диапазон амплитуд прерывания подачи A , в котором разделение стружки на элементы неустойчиво. Увеличение подачи приводит к смещению границ устойчивого стружколомания в сторону больших скоростей.

Обрабатываемый материал также оказывает существенное влияние на процесс дробления стружки. При обработке на одних и тех же режимах значения коэффициента подрезки для стали 20X значительно выше, чем для стали 45.

Влияние подачи на коэффициент подрезки K исследовали при скорости резания $v = 120$ м/мин и глубине резания $t = 3$ мм. Опыты показали, что значение коэффициента K уменьшается с увеличением подачи. Кроме того, установлено, что существуют значения подачи, при которых стружколомание осуществляется без выстоя резца (по режимам). Для стали 20X при $v = 120$ м/мин и $t = 3$ мм ломание стружки по "режимам" наступает уже при $s \geq 0,6$ мм/об.

На коэффициент K оказывает влияние и ширина срезаемого слоя. С увеличением ширины среза растет и значение K . При этом для больших значений ширины среза значение K увеличивается в меньшей степени.

Обобщенные зависимости коэффициента подрезки K от скорости резания v , подачи s и ширины среза b находились с помощью двойной логарифмической системы координат. В результате были получены соедующие степенные функции, соответственно для стали 45 и стали 20X: $K = 2,4 \cdot 10^{-3} v^{0,85} s^{-0,95} b^{0,35}$, $K = 3,2 \cdot 10^{-3} v^{0,8} s^{-0,95} b^{0,3}$.

Приведенные эмпирические зависимости получены для узких интервалов режимов обработки ($v = 100 \dots 170$ м/мин; $s = 0,1 \dots 0,5$ мм/об; $b = 1 \dots 5$ мм). Поэтому их применение для расширенных интервалов режимов обработки приведет к ошибкам в определении K .

Таким образом, для ломания стружки подача резца в ряде случаев может быть остановлена на время, меньшее времени оборота обрабатываемой детали. Это существенно снижает время на стружколомание и тем самым увеличивает производительность обработки. Режимы резания оказывают значительное влияние на процесс подрезки стружки. Уменьшить машинное время можно путем применения наименьших значений коэффициента K .

ЛИТЕРАТУРА

1. Боганов А.А., Каштальян И.А. Кинематическое стружколомание на станках с ЧПУ. — В сб.: Оборудование с числовым программным управлением. — М., 1976, вып. 6.