

Критериями наличия и связи между u и N служат коэффициент корреляции r и корреляционное отношение η , которые определяются по методике [1]. Полученные уравнения регрессии представлены в табл. 1.

Л и т е р а т у р а

1. Солонин И.С. Математическая статистика в технологии машиностроения. М., 1972. 2. Ящерицын П.И., Горбацевич А.Ф., Чан Ван Дик. Динамика изменения погрешностей, подчиняющихся закону эксцентриситета, и моделирование технологических операций обработки зубчатых колес. — В сб.: Машиностроение и приборостроение. Вып. 9. Минск, 1977.

УДК 621.941.23

И.А. Каштальян, А.И. Кочергин,
В.Б. Зайцев

ПОДДЕРЖАНИЕ ЗАДАННОГО ЗАКОНА ИЗМЕНЕНИЯ ПОДАЧИ НА ТОКАРНЫХ СТАНКАХ С ЧПУ

На станках с ЧПУ ряд переходов выполняется с нестационарными (переменными) значениями параметров процесса резания. При определении оптимальных режимов обработки необходимо устанавливать зависимость выходных параметров процесса (интенсивности вибраций, силы резания, стойкости инструмента и т.д.) от входных (подачи, скорости резания и т.д.). В свою очередь эта зависимость может быть реализована регулированием входных параметров. Процесс регулирования будет оптимальным, если входной параметр, по которому осуществляется управление обработкой, будет иметь заданную величину или изменяться по заданному закону.

Когда условия резания в течение перехода (прохода) колеблются в широких пределах, целесообразна обработка с переменной подачей. Процессы резания с переменной подачей нашли применение в станках с адаптивным управлением для повышения производительности и точности обработки [2].

Черновая и чистовая обработка на токарных станках с ЧПУ, как правило, ведется с одной установки. Поэтому при проектировании адаптивных систем необходимо одновременно решать вопросы повышения как производительности обработки на черновых проходах, так и точности чистовой обработки. В результате адаптивные системы получаются неоправданно сложными и дорогостоящими. Большинство станков с ЧПУ, эксплуа-

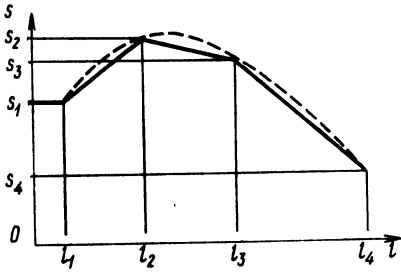


Рис. 1. Аппроксимация закона изменения скорости подачи.

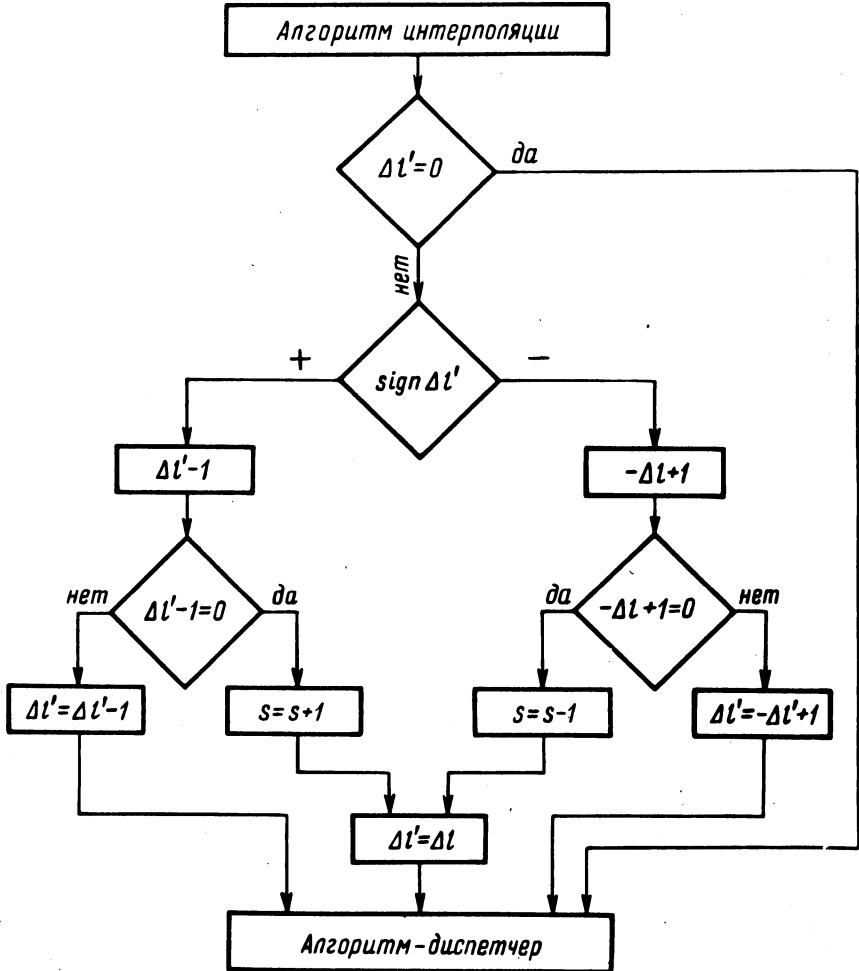


Рис. 2. Блок-схема алгоритма изменения скорости подачи.

тируемых на заводах, адаптивными системами не оснащены. Наряду с этим при токарной обработке существует ряд переходов, на которых функциональная зависимость приращения параметра, по которому осуществляется управление, с достаточной степенью точности может быть определена теоретически. Это прежде всего обработка канавок фасонного профиля, поперечное точение на станках с беступенчато регулируемым приводом главного движения, обработка сферических поверхностей и т.д. Ряд зависимостей определяется экспериментально.

Параметром, по которому осуществляется управление подачей, может быть составляющая сила резания P_z , крутящий момент $M_{кр}$, максимальная стойкость инструмента, отсутствие вибраций, постоянство площади сечения срезаемого слоя и т.д.

Процесс обработки с переменной подачей эффективен лишь тогда, когда функцию изменения величины подачи выполняет устройство ЧПУ [1]. Но многообразие законов изменения подачи по длине обработки делает эту задачу практически не разрешимой. Поэтому авторами предлагается использовать метод аппроксимации кривых в координатах "скорость подачи — длина обработки" отрезками прямых.

Задача будет решена, если управляющее устройство реализует зависимость

$$s_k = s_n \pm n \Delta s, \quad (1)$$

где s_k, s_n — конечная и начальная скорости подачи, мм/мин; Δs — величина приращения (наброса) скорости подачи, мм/мин; n — число набросов скорости подачи.

На длине обработки l число набросов скорости подачи будет равно:

$$n = \frac{l}{\Delta l}, \quad (2)$$

где Δl — длина обработки между набросами скорости подачи. Подставляя значение n из выражения (2) в выражение (1), получаем:

$$s_k = s_n \pm \frac{l}{\Delta l} \Delta s. \quad (3)$$

Значения s_n, s_k, l для каждого конкретного случая могут

быть определены из соответствующих диаграмм или графиков. Пример такого графика показан на рис. 1.

Приращение скорости подачи ΔS — величина постоянная и зависит от точности задания скорости подачи. Для большинства устройств ЧПУ скорость подачи может быть задана с точностью до 0,1 мм/мин. Поэтому величина ΔS принимает кратной 0,1 мм/мин.

Переменной, от которой зависит угол наклона прямой, является величина Δl . Ее значение может быть найдено из выражения (3)

$$\Delta l = \pm \frac{l \Delta S}{s_k - s_n} \quad (4)$$

По этой формуле, зная начальную s_n и конечную скорость подачи s_k , величину одного наброса скорости подачи ΔS и длину обработки l , на которой идет изменение скорости подачи, можно определить значение программируемой величины Δl (мм). Знак "плюс" или "минус" указывает соответственно на увеличение или уменьшение скорости подачи.

На рис. 2 представлена блок-схема предлагаемого алгоритма изменения скорости подачи. На схеме приняты следующие обозначения: s — величина текущей скорости подачи; Δl — длина обработки между набросами скорости подачи; $\Delta l'$ — текущее значение длины обработки Δl . Величина $\Delta l'$ задается в дискретах (аналогично заданию геометрической информации) со знаком "плюс" или "минус" и наносится на программноситель совместно с соответствующей для каждого конкретного перехода (прохода) информацией.

Работа по алгоритму, представленному на рис. 2, происходит следующим образом. После очередного цикла интерполяции производится анализ, запрограммировано ли в данном кадре линейное изменение скорости подачи (содержимое ячейки $\Delta l' \neq 0$); если да, то содержимое ячейки $\Delta l'$ уменьшается на единицу и проверяется равенство нулю результата вычисления. Так происходит до тех пор, пока величина $\Delta l'$ не станет равной 0. Это говорит о том, что по максимальной координате было сделано количество шагов, равное числу дискрет, через которое скорость подачи увеличивается или уменьшается в зависимости от знака при Δl на единицу приращения скорости подачи ΔS .

Диаграмма изменения скорости подачи по описанному алгоритму представлена на рис. 3. Практическое применение алгоритма рассмотрим на примере обработки канавок трапецеидального профиля и примере поперечного точения на станках с бесступенчато регулируемым приводом главного движения.

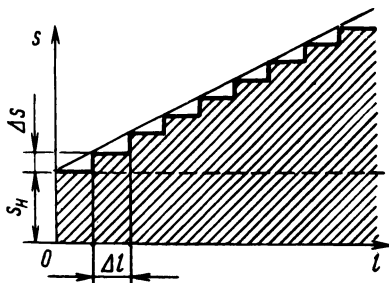


Рис. 3. Диаграмма изменения скорости подачи по алгоритму.

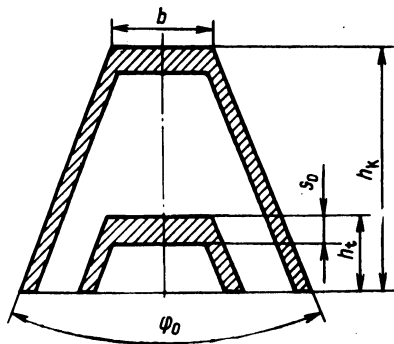


Рис. 4. Схема обработки канавки.

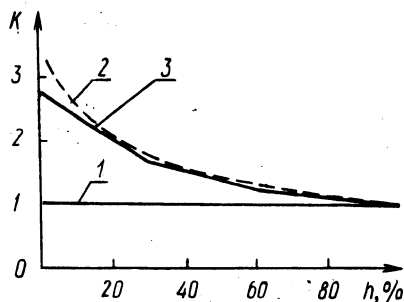


Рис. 5. Зависимость коэффициента K от глубины канавки: прямая 1 – в случае сохранения постоянства подачи; кривая 2 – в случае сохранения постоянства площади сечения среза; ломаная 3 – при работе по алгоритму.

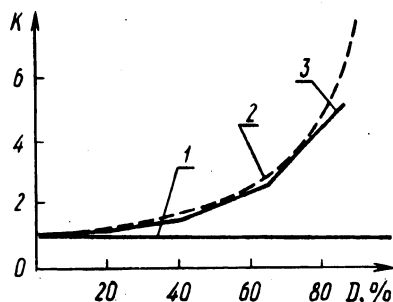


Рис. 6. Зависимость коэффициента K от изменения диаметра обработки: прямая 1 – в случае сохранения постоянства минутной подачи; кривая 2 – в случае сохранения постоянства подачи на оборот; ломаная 3 – при работе по алгоритму.

При обработке канавок фасонного профиля площадь сечения среза по мере углубления резца в заготовку возрастает при постоянном значении подачи на оборот s_0 . На рис. 4 представлена схема формирования трапецеидальной канавки. Площадь сечения среза в произвольный момент цикла обработки канавки равна:

$$\Delta F = (b + 2h_T \operatorname{tg} \frac{\varphi_0}{2}) s_0, \quad (5)$$

где b — ширина лезвия резца, мм; h_T — текущее значение глубины канавки, мм; φ_0 — угол профиля канавки.

Из уравнения (5) видно, что при постоянном значении s_0 площадь сечения среза по мере углубления резца в заготовку возрастает. А это приводит к увеличению силы и мощности резания. Для выравнивания силы и мощности резания скорость подачи должна изменяться так, чтобы обеспечить постоянство площади сечения среза.

Закон изменения подачи при обработке с постоянной площадью среза может быть охарактеризован с помощью следующей зависимости:

$$K = \frac{s_T}{s_K}, \quad (6)$$

где K — изменение скорости подачи по глубине канавки; s_T — текущее значение скорости подачи, мм/мин. Для канавки трапецеидальной формы

$$K = \frac{b + 2h_K \operatorname{tg} \frac{\varphi_0}{2}}{b + 2h_T \operatorname{tg} \frac{\varphi_0}{2}}, \quad (7)$$

где h_K — глубина впадины в конце цикла, мм.

Диаграмма на рис. 5 построена для случая обработки канавки под клиновой ремень размера Б по ГОСТ 1284-68. Кривая 2 показывает изменение скорости подачи по глубине канавки h при постоянстве площади сечения среза, ломаная линия 3 — изменение скорости подачи по описанному алгоритму. Повышению производительности отвечает любая наклонная прямая или ломаная линия, расположенная между кривой 2 и прямой 1, соответствующей обработке с постоянной подачей. В этой зоне будет находиться и линия, соответствующая максимальной стойкости инструмента.

Для поддержания скорости резания, заданной постоянной, при поперечном точении (обработке торцовых, конических и фасонных поверхностей) токарные станки с ЧПУ оснащаются бесступенчато регулируемым приводом главного движения. По —

скольку в процессе обработки частота вращения шпинделя изменяется, для поддержания подачи на оборот s_0 постоянной, минутная подача s должна изменяться в соответствии с изменением частоты вращения шпинделя. Когда скорость резания по всей длине перехода (прохода) остается постоянной, на основании известной зависимости скорости резания от диаметра обработки и частоты вращения шпинделя $v = Dn$ можно записать равенство:

$$D_n n_n = D_T n_T, \quad (8)$$

где D_n, D_T — начальный и текущий диаметры обработки; n_n и n_T — начальная и текущая частота вращения шпинделя. Умножив правую и левую части равенства (8) на постоянную величину подачи на оборот s_0 и заменив $n_n s_0$ и $n_T s_0$ соответственно через начальную минутную подачу s_n и текущую минутную подачу s_T , получим равенство

$$D_n s_n = D_T s_T. \quad (9)$$

Тогда закон изменения текущей скорости подачи в зависимости от изменения диаметра обработки будет определяться выражением:

$$s_T = \frac{D_n}{D_T} s_n. \quad (10)$$

Обозначив отношение $\frac{D_n}{D_T}$ через коэффициент изменения подачи K , получим:

$$s_T = K s_n. \quad (11)$$

Для случая $D_n \geq D_T$ (перемещение резца к оси детали) $K \geq 1$.

Для случая $D_n \leq D_T$ (перемещение резца от оси детали) $0 < K \leq 1$.

На рис. 6 представлена диаграмма изменения скорости подачи при перемещении резца к оси детали. Кривая 2 показывает изменение скорости подачи в зависимости от изменения диаметра обработки D , ломаная линия 3 — изменение скорости подачи по описанному алгоритму.

Приведенный алгоритм изменения подачи по прямолинейному закону был введен в управляющее устройство Н55-1. Опыты

проводились на станке мод. 1734Ф3. Обработывались канавки под клиновые ремни размера Б по ГОСТ 1284-68.

Управление, осуществляемое с целью стабилизации площади сечения срезаемого слоя, приводило к увеличению производительности на 58%.

Применение описанного способа регулирования скорости подачи возможно не только на станках с ЧПУ, но и на универсальных станках, оснащенных приставкой, аппаратно реализующей приведенный алгоритм изменения скорости подачи.

Л и т е р а т у р а

1. Бобенко В.Е., Коломиец Т.С. Перспективы разработки и применение мини-ЭВМ. — "Обзорная информация", 1972, вып. 3. 2. Подураев В.Н. и др. Эффективные процессы резания при нестационарном режиме обработки. — "Станки и инструмент", 1976, № 3.

УДК 621.941.1

Б. Франк

ВЫГЛАЖИВАНИЕ СПЕЧЕННОГО ИНСТРУМЕНТАЛЬНОГО МАТЕРИАЛА

Выглаживание является одним из наиболее эффективных методов обработки поверхностным пластическим деформированием (ППД). Высокая твердость применяемых выглаживателей (алмазных, эльборных и др.) позволяет обрабатывать почти все металлы и сплавы любой твердости, поддающиеся пластической деформации в холодном состоянии.

Проведенные исследования выглаживания компактных материалов [1...4] показали, что в общем шероховатость поверхности при алмазном выглаживании уменьшается в 2...6 раз. Достигаемое после алмазного выглаживания поверхностное упрочнение и образование остаточных напряжений сжатия оказывают благоприятное влияние на эксплуатационные свойства деталей машин.

В промышленности в последние годы большое применение находят детали, изготовленные методом порошковой металлургии. Новыми являются инструментальные материалы, спеченные стали Х12М и 2Х9. В Научно-исследовательском институте порошковой металлургии (Минск) разработан технологический процесс изготовления из этих материалов матриц ударного