

## Л и т е р а т у р а

1. Чистосердов П.С. Комбинированные инструменты для отделочно-упрочняющей обработки. - Мн., 1977.2. Чистосердов П.С., Цумарев О.В Оптимизация углового расположения режущего и деформирующего элементов комбинированного инструмента для обработки отверстий. - В сб.: Машиностроение. Мн., 1980, вып. 4. 3. Чистосердов П.С., Цумарев О.В. Графоаналитический метод определения оптимального углового расположения режущего и деформирующего элементов. - В сб.: Машиностроение. Мн., 1980, вып. 4.

УДК 621.941.23

И.А.Каштальян, А.И.Кочергин

### ШЕРОХОВАТОСТЬ ПОВЕРХНОСТЕЙ, ОБРАБОТАННЫХ С ПЕРЕМЕННОЙ ПОДАЧЕЙ НА ТОКАРНЫХ СТАНКАХ С ЧПУ

Регулированием подачи на токарных станках с ЧПУ достигается повышение производительности и точности обработки, виброустойчивости при точении деталей малой жесткости, обеспечивается кинематическое стружколомение и др. При разработке адаптивных систем управления в большинстве случаев в качестве канала регулирования используют привод подач.

На станках с ЧПУ наиболее просто может быть реализовано линейное изменение подачи в координатах "подача-длина обработки" набросами величиной  $\Delta s$  после обработки участков  $\Delta L$  [1]. Величина  $\Delta L$  принимается кратной перемещению исполнительного органа при подаче устройством ЧПУ одного импульса. Так как величину микронеровностей поверхности обычно связывают с подачей на оборот  $s_0$ , необходимо вычислять ее в любой точке поверхности, обрабатываемой с переменной подачей.

Время прохождения исполнительным органом пути  $L$  складывается из времен обработки участков  $\Delta L$  и его можно представить в виде суммы, которая в случае увеличения подачи имеет вид

$$t = \sum_{n=1}^{n=k} \frac{\Delta L}{s_n + (n-1)\Delta s},$$

где  $s_n$  - начальная скорость подачи, мм/мин;  $n$  - число членов ряда ( $n = L/\Delta L$ ).

Приняв в качестве пределов интегрирования порядковые номера 1 и  $n_t$  членов ряда, между которыми необходимо определить сумму, получим

$$t = \int_1^{n_t} \frac{\Delta L}{s_H + (n-1)\Delta s} dn.$$

После преобразования

$$t = \frac{\Delta L}{\Delta s} \int_1^{n_t} \frac{d(s_H + n\Delta s - \Delta s)}{s_H + n\Delta s - \Delta s} = \frac{\Delta L}{\Delta s} \ln(s_H + n\Delta s - \Delta s) \Big|_1^{n_t}$$

$$= \frac{\Delta L}{\Delta s} \ln(s_H + n_t \Delta s - \Delta s) - \frac{\Delta L}{\Delta s} \ln s_H,$$

откуда

$$n_t = \frac{e^{\frac{\Delta s}{\Delta L} t} (s_H + \Delta s) - s_H}{\Delta s}. \quad (1)$$

Так как величина пути  $\Delta L$  между набросами подачи постоянна для каждого члена ряда, текущее значение координаты точки, в которой находится вершина резца в момент времени  $t$ , может быть определено по формуле

$$L_t = n_t \cdot \Delta L. \quad (2)$$

Из выражений (1) и (2) получаем

$$L_t = \frac{\Delta L}{\Delta s} \left( e^{\frac{\Delta s}{\Delta L} t} \cdot s_H + \Delta s - s_H \right). \quad (3)$$

Подача на оборот  $s_o$  может быть определена как путь, пройденный инструментом за время одного оборота детали  $t_o = (t_2 - t_1)$ :

$$s_o = L_{t_2} - L_{t_1} = \frac{s_H \Delta L}{\Delta s} \left( e^{\frac{\Delta s}{\Delta L} t_2} - e^{\frac{\Delta s}{\Delta L} t_1} \right). \quad (4)$$

В случае уменьшения подачи время обработки может быть представлено в виде суммы

$$t = \sum_{n=1}^{n=k} \frac{\Delta L}{s_H - (n-1)\Delta s},$$

$s_o$  определяется зависимостью

$$s_o = \frac{s_H \Delta L}{\Delta s} \left( \frac{1}{e^{\frac{\Delta s}{\Delta L} t_1}} - \frac{1}{e^{\frac{\Delta s}{\Delta L} t_2}} \right). \quad (5)$$

Характер изменения подачи  $s_0$  на всем пути  $L$  перемещения исполнительного органа целесообразно исследовать, выполняя расчеты на ЭВМ. Блок-схема алгоритма расчета значений подачи на оборот  $s_0$  представлена на рис. 1, где приняты следующие обозначения:  $L$  – длина участка между набросами подачи;  $I$  – начальное значение минутной подачи;  $J$  – величина наброса минутной подачи;  $C$  – время одного оборота детали;  $K$  – текущее время обработки при отсчете с дискретностью  $C$  (после каждого оборота детали);  $A$  – число членов ряда для предыдущего значения  $K$ ;  $E$  – перебег на предыдущем шаге расчета подачи на оборот;  $N$  – число членов ряда для текущего значения  $K$ ;  $S$  – текущее время обработки при отсчете после вычисления каждого члена ряда;  $B$  – перебег на текущем шаге расчета подачи на оборот;  $D$  – текущее значение подачи на оборот.

Экспериментальная проверка влияния переменной подачи на шероховатость поверхности проводилась на вертикальном токарном полуавтомате 1734Ф3 при обработке образцов диаметром 60 мм из стали 40ХН. Обработка велась

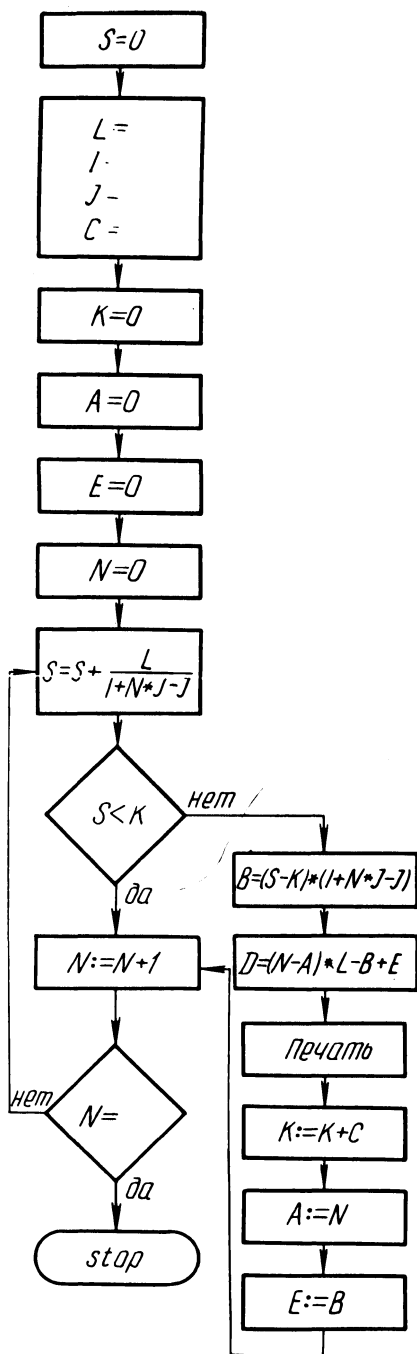


Рис. 1. Блок-схема алгоритма расчета подачи на оборот.

подрезно-проходным резцом с механическим креплением трехгранной режущей пластинки из твердого сплава Т15К6. Геометрические параметры режущей части:  $\varphi = 95^\circ$ ;  $\varphi_1 = 5^\circ$ ;  $\alpha = 8^\circ$ ;  $\gamma = 12^\circ$ ;  $\lambda = 8^\circ$ ;  $r = 0,8$  мм. В качестве СОЖ применялась эмульсия. Заготовка вращалась с частотой 500 об/мин. Подача изменялась в пределах 250...10 мм/мин с набросами  $\Delta S = 0,1$  мм/мин. Длина обработки между набросами скорости подачи равнялась 0,01 мм.

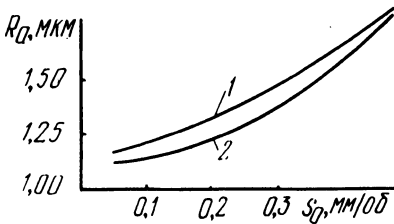


Рис. 2. Зависимость высоты неровностей  $R_a$  от подачи  $s_0$ :  
1 — при ее увеличении; 2 — при ее уменьшении.

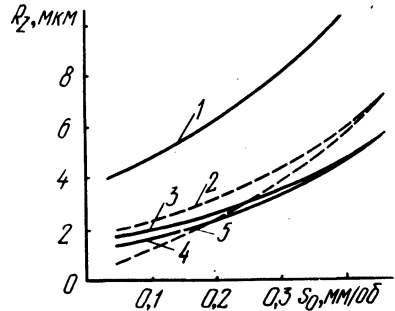


Рис. 3. Зависимость высоты неровностей  $R_z$  от подачи  $s_0$ :  
1 — при обработке резцов с  $\varphi_1 = 45^\circ$  при увеличении и уменьшении подачи; 2 — при  $\varphi = 5^\circ$ ,  $\Delta L = 0,01$  мм и увеличении подачи; 3 — при  $\varphi_1 = 5^\circ$ ,  $\Delta L = 0,05$  мм и увеличении подачи; 4 — при тех же условиях и уменьшении подачи; 5 — при  $\varphi_1 = 5^\circ$ ,  $\Delta L = 0,01$  мм и уменьшении подачи.

Из рис. 2 и 3 следует, что значения  $R_a$  и  $R_z$  больше в случае возрастания подачи. С повышением скорости изменения подачи (увеличении длины обработки  $\Delta L$  между набросами) при увеличении и уменьшении ее значения  $R_z$  отличаются в меньшей степени (кривые 3 и 4 на рис. 3). На основании этих данных можно предположить, что образование более "чистой" поверхности при замедлении скорости резца связано с большой скоростью уменьшения подачи и малыми значениями вспомогательного угла в плане  $\varphi_1$ . Действительно, в этом случае происходит сближение вершины вновь образующегося гребешка с

вершиной гребешка, образованного на предшествующем обороте детали. При этом резец вспомогательной режущей кромкой частично срезает вершины образованных ранее микронеровностей, величина которых, ввиду пластических деформаций в зоне резания, всегда значительно больше величины, определяемой только подачей и геометрией режущей части резца. С увеличением вспомогательного угла в плане  $\varphi_1$  сглаживание микронеровностей менее заметно. Об этом свидетельствует график 1 на рис. 3.

Приведенные выше зависимости могут быть использованы при построении адаптивных систем управления, а также при прогнозировании шероховатости поверхностей, обработанных с переменной подачей.

### Л и т е р а т у р а

1. Каштальян И.А., Кочергин А.И., Зайцев В.Б. Поддержание заданного закона изменения подачи на токарных станках с ЧПУ. - В сб.: Машиностроение. Мн., 1979, вып. 2.

УДК 621.951

М.А.Корниевич

### НАГРУЗКА И ТОЛЩИНА СРЕЗА ПО ДЛИНЕ РЕЖУЩИХ ЛЕЗВИЙ СВЕРЛА

Характер работы спирального сверла имеет свои особенности, так как во время сверления скорость резания и толщина среза по длине режущего лезвия переменны. Как известно, нагрузка на режущее лезвие при заданном материале определяется скоростью резания, толщиной среза, геометрическими параметрами режущей части и т.д. Поэтому на каждом участке его значения сил и температуры резания различны. Они определяют нагрузку на режущее лезвие и интенсивность его износа.

За критерий оценки нагрузки может быть принята интенсивность износа режущего лезвия в рассматриваемой точке, т.е., если износ в исследуемой зоне режущего лезвия минимальный по сравнению с другими его участками, то, соответственно, здесь будет меньше и нагрузка [1].

У инструментов с равномерной нагрузкой интенсивность износа во всех точках режущих лезвий постоянна [1]. Поэтому выравнивание нагрузки по длине режущих лезвий является од-