

фазировании углеродистых сталей (типа У7) влияет процентное содержание вольфрама в инструментальном материале.

Проведенные исследования показали перспективность маловольфрамовых сталей для изготовления фрез, применяемых для обработки глухих отверстий в углеродистых инструментальных сталях.

УДК 621.9.014.003. 1

С.Р.Абульханов, В.Д.Смолин

РАСЧЕТ ТОЧНОСТНЫХ РЕЖИМОВ РЕЗАНИЯ НА ЭВМ М4030

Растущие требования народного хозяйства к качеству обработки изделий, несовершенство технологических нормативов, а также появление в производстве станков с ЧПУ ставят задачу автоматического назначения оптимальных режимов резания, обеспечивающих заданную точность обработки. Объектом исследования выбрана однолезвийная, однопрободная токарная обработка деталей типа тел вращения.

Аналитическое решение задачи определения оптимальных режимов резания сводится к отысканию \min или \max функции многих переменных, связанных многими ограничивающими зависимостями. Исследуемая на экстремум функция является критерием оптимальности режимов резания. Аргументы этой функции - это факторы, влияющие на процесс резания.

Такие задачи решались путем использования метода неопределенных множителей Лагранжа. Этот метод приводит к увеличению числа неизвестных, то есть к переопределенности задачи. Поэтому целесообразно использовать метод линейного программирования. В этом случае успешное решение поставленной задачи зависит от совершенства технологических ограничений, которые в настоящее время еще не сформулированы аналитически достаточно надежно.

Выберем в качестве функции цели минимум затрат на рассматриваемую технологическую операцию, определяемую по формуле [1]

$$\Theta = \frac{\pi D L}{10^3 V S} \left[E_{ст} + \frac{E_{ст} T_{см} + S_{пр}}{T} \right],$$

где D - диаметр заготовки после обработки;
 L - длина заготовки;
 $E_{ст}, T_{см}, S_{пр}$ - экономические параметры.

Оптимизация будет осуществляться по скорости резания (V) и подаче (s). Считается, что глубина резания (t) задана.

Ограничение по стойкости (T) имеет вид [1]

$$a \left[\left(t - \frac{\Delta P}{2} \right)^{X_{Py}} + K \left[\left(t + \delta_{зв} - \frac{\Delta P}{2} \right)^{X_{Py}} - \left(t + \delta_{зп} - \frac{\Delta P}{2} \right)^{X_{Py}} \right] \right] \left(\frac{t^{X_V}}{C_V K_V} \right)^{\frac{Y_{Py} - n_Y}{1 - Y_V}} \times$$

$$\times \left(\frac{\pi D L E_{ст}}{10^3} \right)^{\frac{Y_{Py} - Y_V n_Y}{1 - Y_V}} T^{\frac{Y_{Py}(1-m) + n_Y(m-Y_V)}{Y_V - 1}} \left[\frac{1}{\theta} \left(T + T_{см} + \frac{S_{пр}}{E_{ст}} \right) \right]^{\frac{Y_{Py} - Y_V n_Y}{1 - Y_V}} +$$

$$+ b \left(t - \frac{\Delta P}{2} \right)^{X_{Px}} \left(\frac{t^{X_V}}{C_V K_V} \right)^{\frac{Y_{Px} - n_X}{1 - Y_V}} \left(\frac{\pi D L E_{ст}}{10^3} \right)^{\frac{Y_{Py} - Y_V n_X}{1 - Y_V}} T^{\frac{Y_{Px}(1-m) + n_X(m-Y_V)}{Y_V - 1}} \times$$

$$\times \left[\frac{1}{\theta} \left(T + T_{см} + \frac{S_{пр}}{E_{ст}} \right) \right]^{\frac{Y_{Px} - Y_V n_X}{1 - Y_V}} = \Delta P, \quad (I)$$

где ΔP - задаваемая точность обработки.

$X_{Px}, Y_{Py}, n_Y, Y_V, C_V, K_V, m, n_X$ - параметры обрабатываемости.

Очевидно, что расчет по таким формулам удобнее производить на ЭВМ. Используя средства ввода алгоритмического языка Фортран-4, первичные сведения о процессе записываются в память ЭВМ командами. В дальнейшем для каждого ограничения будет приводиться соответствующий фрагмент программы, написанный на языке Фортран-4.

Считаем, что ограничение по стойкости выполнено, если найдено такое T_0 , что θ (функция цели) принимает минимальное значение.

Опустим вычисление констант и, обозначив левую часть равенства (I) через SUM , приведем соответствующий этому ограничению фрагмент программы и график (рис. 1), иллюстрирующий выполняемые вычисления.

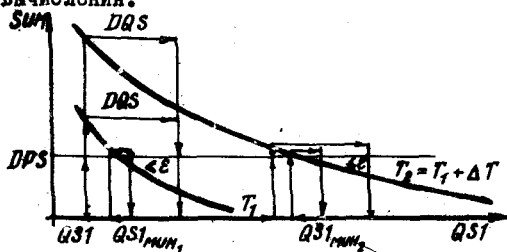


Рис. 1. Алгоритм выполнения ограничения по стойкости (T)

```

TSl = ϕ. ϕ1
... Const...
4ϕ SUM =
IF (DPS. GT. SUM) GO TO 41
IF (SUM - DPS. LT. ϕ. 1E-3) GO TO 39
θS1 = θS1 - DθS
DθS = DθS / 1ϕ
θS1 = θS1 + DθS
GO TO 4ϕ
θS1 = θS1 + DθS
GO TO 4ϕ
... Выбор min θS1
TSl = TSl + DT
GO TO 4ϕ
41 ...

```

Идентификаторы, применяемые в приведенном фрагменте программы, даны в табл. I.

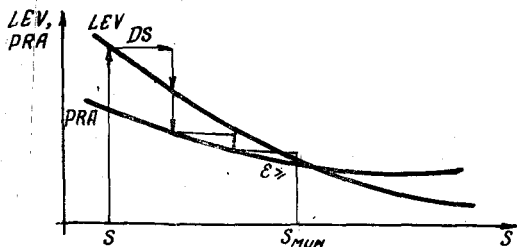
Т а б л и ц а I

Обозначение	θ	$\Delta \theta$	T	ΔT	ΔP
Идентификатор	$\theta S1$	$D\theta S$	TSl	DT	DPS

Для случая, когда ограниченный режим резания осуществляется по задаваемой точности обработки (ΔP), значением ранее полученной оптимальной стоимости T_0 отвечает сочетание искоемых S_0 и v_0 , обеспечивающее \min затрат на операцию, которая определяется из уравнения [I]

$$\alpha \Delta P + \beta \Delta P^2 + \gamma \Delta P^3 = a_2 S_0^m + b_2 S_0^i + K a_2 S_0^q v_0^n \left[(t + \delta_{3M})^{X_{Py}} - (t + \delta_{3N})^{X_{Py}} \right]. \quad (2)$$

Постоянные $\alpha, \beta, \gamma, a_2, b_2$ определяются на основе данных об обрабатываемости материалов заготовки, глубины резания (t) и величины колебания припуска. Приведем фрагмент программы, соответствующий ограничению по точности, и график (рис. 2), иллюстрирующий вычисление.



Р и с. 2. Алгоритм выполнения ограничения по задаваемой точности обработки (ΔP)

```

PRA =
LEV =
IF (LEV .LE. PRA) GO TO 50
IF (LEV - PRA .GT. 0.1E-3) GO TO 46
IF (S .GE. SMIN) GO TO 47
SM = S
TSOOT = TM
GO TO 47
45 S = S - DS
DS = DS / 10
S = S + DS
GO TO 49
46 SM = S
TM = TSOOT
GO TO 47
50 S = S + DS
GO TO 49
47 X = X + 0.1

```

Идентификаторы переменных LEV и PRA означают правую и левую части уравнения (2). Остальные идентификаторы, используемые в приведенном фрагменте программы, даны в табл. 2.

После того, как найдено S_0 , удовлетворяющее (2), проверяется принадлежность отрезку $[S_{min}, S_{max}]$. Это ограничение накладывает кинематика станка. Соответствующая S_0 скорость резания V_0 находится из соотношения

$$V_0 = \frac{C_v K_v}{T_0^m t^{x_v} S_0^{y_v}} \quad (3)$$

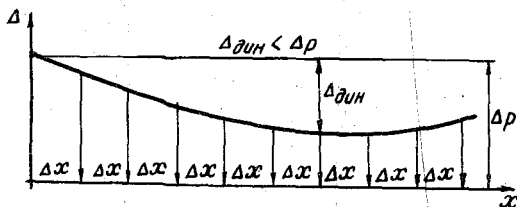
Т а б л и ц а 2

Обозначение	S	ΔS	X	S _{min}	T _{min}	T
Идентификаторы	S	DS	X	SM	TSOOT	TM

Уравнение, связывающее параметры резания и динамическую погрешность обработки по длине заготовки, имеет вид [1]

$$\alpha \Delta P + \beta \Delta P^2 + \gamma \Delta P^3 = a S t^q + b S t^i + k a S t^r [(t + \delta_{ab})^{x_{py}} - (t + \delta_{zn})^{x_{py}}] \quad (4)$$

Смысл ограничения по получаемой динамической погрешности обработки заключается в том, что разброс погрешности по длине заготовки не должен превышать величины, задаваемой погрешности (рис. 3). Если



Р и с. 3. Алгоритм выполнения ограничения по получаемой точности обработки

это ограничение не выполняется, необходимо изменить задаваемую погрешность, т.е. перейти к другому классу обработки, что приведет к вычислению новых T_0, S_0, V_0 . Программно это ограничение реализуется следующим образом:

```

PRA =
54 LEV =
IF(LEV.LT.PRA)GO TO 55
DP = DP + DDP
GO TO 54

```

IE (PRA-LEV.LE.ϕ.IE-3) GO TO 56

DP=DP-DDP

DDP=DDP/1ϕ

DP=DP+DDP

GO TO 54

56 ...

X=X+ϕ.1

Идентификаторы переменных PRA и LEV соответствуют правой и левой частям равенства (4). Остальные идентификаторы сведены в табл. 3.

Т а б л и ц а 3

Обозначение	X	$\Delta g_{ин}$	d ($\Delta g_{ин}$)
Идентификатор	X	DP	DDP

В заключение следует сказать, что предлагаемую программу можно развивать, добавляя те или иные технологические ограничения. Возможны также чисто алгоритмические улучшения программы.

Л и т е р а т у р а

И. С м о л и н В.Д. Расчет оптимальных режимов резания при точении с учетом заданной точности и жесткости системы СПИД. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук, 1975.