

ВЛИЯНИЕ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ ПОКАЗАТЕЛЕЙ УСЛОВИЙ ШЛИФОВАНИЯ НА РЕЗУЛЬТАТЫ ОПТИМАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ СЪЕМОМ ПРИПУСКА

Проф. МАХАРИНСКИЙ Е.И., ст. ПРЕП. МАХАРИНСКИЙ Ю.Е., ст. САВИНОВ А.Н. (ВГТУ)

Алгоритмы управления съемом припуска обычно не учитывают разномасштабности заготовок и погрешности их формы, затупления шлифовального круга и связанного с ним изменения показателей ограничений производительности шлифования, а также ошибок при экспериментальном определении этих показателей. А реально на практике указанные явления всегда имеют место и, следовательно, существует некоторая неопределенность (погрешность оценки или изменение во времени) показателей условий шлифования, которая обязательно должна учитываться при управлении рабочим циклом. Чтобы иметь возможность учитывать при оптимизации неопределенность показателей условий шлифования, необходимо разработать математические модели, отражающие влияние этих неопределенностей на результаты управления рабочим циклом.

Существующие в настоящее время системы управления могут обрабатывать любую подачу с дискретой 0,001 мм. Наличие обратной связи и шариковых винтовых пар в механизме подач обеспечивает точную "отработку" подач и накопленную погрешность перемещения в пределах 0,001 мм для максимального заданного припуска. Следовательно погрешностью округления и "отработки" подач можно пренебречь. Поэтому задача моделирования влияния неопределенности подач не будет рассматриваться.

Для определения показателей оптимального алгоритма управления рабочим циклом необходимо знать значения следующих показателей условий шлифования:

1) относительных безразмерных — относительная максимально допустимая глубина шлифования α_m ; ограничение по шероховатости α_r ; коэффициент режущей способности шлифовального круга K_p ; жесткость СПИД j и параметр тепловой активности b .

2) абсолютных — критическая бесприжоговая глубина шлифования A_k .

Параметры α_m и α_r определяются прямым экспериментом с высокой точностью. Погрешности экспериментальной оценки этих параметров легко учитывать при построении алгоритма управления.

Для расчета параметров алгоритма управления удобно пользоваться комплексным относительным показателем — относительной упругой деформацией системы Y

$$Y = VB / K_p j;$$

где: V — скорость продольной подачи; B — ширина шлифования.

При оценке показателя Y с относительной погрешностью

$$\delta Y = 100 (Y_{\text{фак}} - Y_{\text{рас}}) / Y_{\text{фак}}$$

возникает нарушение ограничений производительности, принятых при оптимизации рабочего цикла. Схемы нарушений первого силового и теплового ограничений показаны на рис. 1 ($s_v > 0$) и рис. 2 ($s_v = 0$).

Для имитационного моделирования процесса шлифования с нарушениями ограничений производительности разработано программное обеспечение, которое позволяет в зависимости от значения δY определять интенсивность дефектов реализации оптимального рабочего цикла. К упомянутым дефектам относятся:

- 1) относительная глубина дефектного слоя (прижогов)

$$\delta x = 100 x / \pi_0 \text{ \%};$$

- 2) относительная накопленная избыточная интенсивность (теплосодержание) тепловых импульсов

$$\sum I_p = 100 \sum (Q_{\text{фi}} - Q_{\text{дi}}) / Q_{\text{дi}} \text{ \%};$$

- 3) относительное нарушение первого силового ограничения

$$\delta \alpha_i = 100 (\alpha_{\text{фi}} - \alpha_m) / \alpha_m \text{ \%};$$

- 4) относительное нарушение второго силового ограничения (по Ra)

$$\delta \alpha_r = 100 (\alpha_r - \alpha_{\text{крит}}) / \alpha_r \text{ \%};$$

- 5) относительная погрешность размера

$$\delta \Pi = 100 (\pi_{\text{ф}} - \pi_0) / \pi_0 \text{ \%}.$$

Исследовался диапазон погрешности оценки $\delta Y = \pm 40\%$.

Анализ результатов имитационного моделирования позволяет сделать следующие выводы.

1) Если $\delta Y > 0$ ($Y_{\text{факт}} > Y_{\text{расч}}$), то тепловое ограничение не нарушается (т.е. $\sum I_p = 0$ и $\delta x = 0$). Но при этом, с увеличением δY возрастает $\delta \alpha_r$, тем больше, чем больше значение параметра b .

2) Если $\delta Y < 0$, то чем меньше δY (т.е. чем больше $|\delta Y|$) тем, больше $\sum I_p$ и δx (интенсивность и глубина прижогов).

3) Интенсивность и глубина прижогов увеличивается при увеличении параметров b и Y .

4) Если $\delta Y < 0$, то при увеличении $|\delta Y|$ интенсивность нарушения первого силового ограничения увеличивается. Если $\delta Y > -10\%$, то этим нарушением можно пренебречь.

5) Уровень α_m и π_0 однозначно и существенно влияет на максимальное значение интенсивности ($\sum I_p$) и глубины (δx) прижогов, а также на максимальное значение интенсивности нарушения первого силового ограничения $\delta \alpha_m$.

6) Увеличение δY от -40 до 40% ведет к закономерному уменьшению размера шлифованной детали, однако оно невелико и в худших условиях (максимальные значения параметров b и Y) относительное отклонение размера не превышает $1,5\%$ от припуска (т.е. $3 \dots 5$ мкм). Такую погрешность легко компенсировать коррекцией размерной настройки.

7) Увеличение параметров b и Y приводит к увеличению указанной погрешности размера. Так, при увеличении b в 3 раза δP_{max} увеличивается в 1,4 ... 1,75 раза, а при увеличении Y в 3 раза δP_{max} увеличивается в 3,8 ... 5 раз.

8) Характер влияния δY и показателей условий шлифования при шлифовании с первой врезной подачей ($s_v > s_1$) и без нее ($s_v = 0$) чаще всего различается незначительно. Так, в среднем максимальные значения $\sum I_p$ отличаются на $2,15\%$, δx - на $1,8\%$. Максимальные значения $\delta \alpha_r$ и δP различаются больше ($7 \dots 23\%$), но они сами по себе малы.

При неправильной оценке показателя b с относительной погрешностью $\delta b = 100 (b_{\text{факт}} - b_{\text{расч}}) / b_{\text{факт}}$ нарушаются только тепловые ограничения производительности (рис. 3). Разработанное программное обеспечение позволило путем имитационного моделирования установить, что при $\delta b < 0$ с уве-

личением $|\delta b|$ накопленная интенсивность избыточных тепловых импульсов $\sum I_p$ и относительная глубина прижогов δx закономерно увеличивается. Если $\delta b > 0$, то прижоги отсутствуют. Установлено, что дефекты реализации рабочего цикла из-за погрешности оценки показателя b несколько (3 ... 5) раз больше, чем из-за погрешности оценки показателя Y .

Проведенные исследования позволяют сделать следующие, очень полезные для практики выводы. Чтобы обеспечить бездефектное шлифование следует экспериментально определить значения показателей b и Y завышать (в пределах поля рассеивания), а значение a_T занижать (чтобы обеспечить некоторый запас). Изменение показателей b , Y и a_T в широких пределах незначительно влияет на производительность оптимального ступенчатого рабочего цикла.

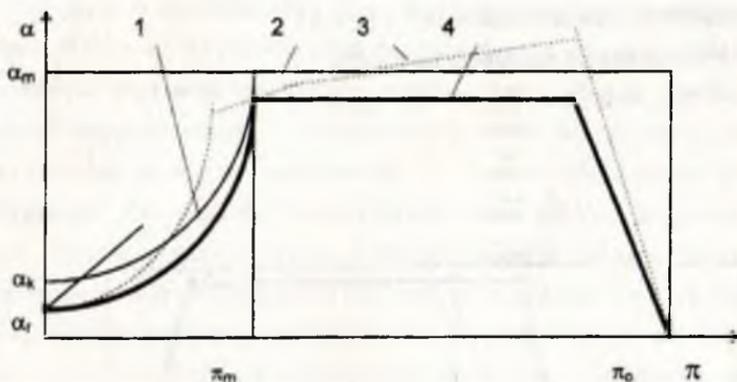


Рис.1. Схема нарушений ограничений производительности из-за погрешности оценки показателя Y ($\sigma_Y > 0$).

- 1 — тепловое ограничение; 2 — силовое ограничение;
 3 — $Y_{\text{факт}} = 0.9$; 4 — $Y_{\text{факт}} = 1.5$; $Y_{\text{расч}} = 1.5$

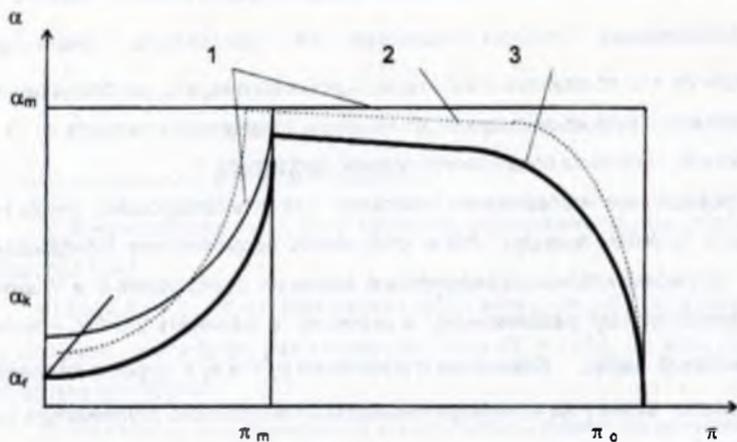


Рис. 2. Схема нарушения теплового ограничения производительности из-за погрешности оценки показателя Y ($\sigma_v = 0$).

1 — ограничения производительности;

2 — $Y_{\text{факт}} = 0.9$; 3 — $Y_{\text{факт}} = 1.5$; $Y_{\text{рвсч}} = 1.5$.

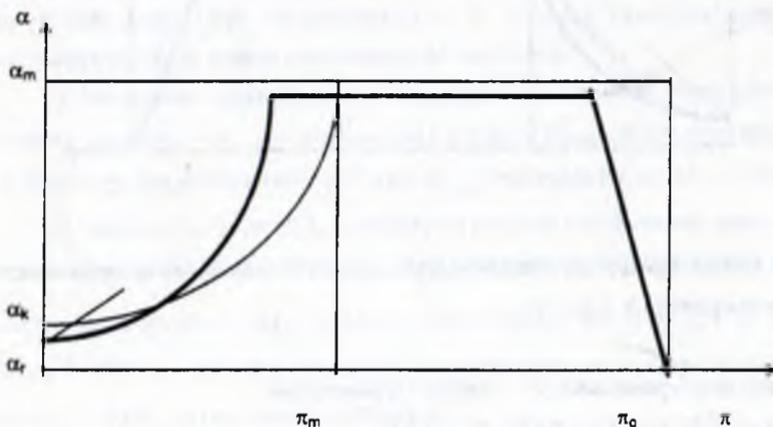


Рис. 3. схема нарушения теплового ограничения производительности из-за погрешности оценки показателя b ($\sigma_v > 0$).

$b_{\text{факт}} = 0.12$; $b_{\text{рвсч}} = 0.2$.