



Рис.3

выраженный минимум  $i_{yc}$ , соответствующий оптимальному числу  $U_0$  деталей, которое должно быть проточено между правками шлифовального круга. Вблизи  $U_0$  значения  $i_{yc}$  изменяются незначительно.

Имитационным моделированием установлено, что в широком диапазоне изменения показателей процесса затупления значения  $i_{yc}$  изменяются незначительно. Максимальное отклонение  $i_{yc}$  от среднего составляет не более 7,4%. Некоторое влияние на  $U_0$  оказывают показатели  $i_{10}$  и  $k_{пр}$ , увеличение которых ведет к монотонному увеличению  $U_0$ .

#### Литература:

1. Ящерицын П.И., Махаринский Е.И., Махаринский Ю.Е. Влияние затупления на изменение параметров ограничений производительности плоского врезного шлифования. Весці акадэміі наук Беларусі. (Серыя фізіка-тэхнічных наук), № 3, 1997 г.

УДК 621.924.1

## ЭКОНОМИЯ РЕСУРСОВ ПРИ ПЛОСКОМ ВРЕЗНОМ ШЛИФОВАНИИ

Ю.Е. Махаринский, Е.И. Махаринский  
(ВГТУ, г. Витебск)

Путем повышения производительности рабочего цикла плоского врезного шлифования экономятся временные и энергетические ресурсы,

особенно если повышение производительности удастся добиться без дополнительных затрат, а просто за счет более эффективного использования рабочих свойств абразивного инструмента и вообще всех показателей технологической системы. Одним из способов повышения эффективности плоского шлифования является оптимизация процесса управления его рабочим циклом.

За последние годы выполнен огромный объем исследований и разработок, посвященных различным вопросам проблемы управления процессом шлифования. Но реальное влияние этих работ на эффективность процессов шлифования в производственных условиях явно недостаточно. Экспериментальные и теоретические знания пока не упорядочены и не обобщены прагматической инженерной теорией, которая бы позволила обосновано выбирать наиболее эффективную систему управления процессом шлифования, алгоритм управления и его параметры в каждом конкретном условиях. Особенно это относится к ступенчатому алгоритму управления процессом плоского врезного шлифования.

Оптимальным будем считать ступенчатый алгоритм управления, который обеспечивает удаление заданного припуска за минимальное число проходов без нарушения силовых и тепловых ограничений производительности. В работе рассматривалась оптимизация рабочих циклов, состоящих из: этапа предварительного шлифования с ускоренным врезанием или без него, этапа чистового шлифования с нулевой или ненулевой подачей и этапа отделочного шлифования с микроподачей. То есть необходимо определить значения параметров управления  $s_u, i_1, s_1, i_2, s_2, i_3, s_3$ , обеспечивающих  $\min\{i_s = i_1 + i_2 + i_3\}$ ; где  $s_u$  и  $i_u$  - безразмерная подача и число проходов  $u$ -го этапа (1 - предварительного, 2 - чистового и 3 - отделочного),  $s_u$  - безразмерная подача на проходе ускоренного врезания.

Для сокращения числа переменных и повышения общности выводов ограничения производительности также заданы в безразмерной (критериальной) форме [1]. Известными считаются параметры  $C_0$ ,  $C_1$ ,  $C_2$ ,  $Y$ ,  $p_0$ ,  $a_m$ ,  $a_r$  и  $b$ , где:  $C_0 = (0,25 + 0,75 a_k)$ ,  $C_1 = (a_k - 0,13) b$  и  $C_2 = (0,2 + 0,12 a_k) b^2$  являются параметрами теплового ограничения  $a_i \leq C_0 + C_1 p_i + C_2 p_i^2$ ;  $a_i$  и  $p_i$  - безразмерные глубина шлифования на  $i$ -ом проходе и припуск и оставшийся после выполнения  $i$  проходов;  $a_k$  - бесприжоговая глубина шлифования (безразмерная);  $Y$  - относительная упругая деформация технологической системы (отношение упругой деформации к глубине шлифования);  $p_0$  - безразмерный полный припуск;  $a_m$  - параметр силового ограничения;  $a_r$  - параметр ограничения по шероховатости шлифованной поверхности и  $b$  - безразмерный комплекс, который назван коэффициентом тепловой активности. Допустимыми будут решения, при которых не нарушаются ограничения. Они могут быть найдены путем решения системы из 10-и уравнений с 12-ю переменными. Уравнения разбиты на три группы в соответствии с этапами рабочего цикла со ступенчатым управлением. Чтобы разрешить эти системы уравнений следует задать из любых соображений значения двух параметров. Удобнее всего задаваться значениями  $i_1$  и  $i_2$ , потому что из-за целочисленности этих параметров резко снижается мощность множества допустимых решений и, следовательно, объем итераций поиска оптимального решения.

Разработан алгоритм и программное обеспечение для определения параметров допустимого и оптимального ступенчатого алгоритма управления рабочим циклом плоского врезного шлифования. Параметры последнего можно определить только методом перебора сочетаний задаваемых значений параметров  $i_1$  и  $i_2$  с последовательным сравнением полученных результатов. Рассмотрены случаи когда система управления обеспе-

чивает реализацию только прямых рабочих подач ( $s \geq 0$ ) и когда тепловое ограничение перестает играть свою роль.

Имитационное моделирование при  $s_c > 0$  и с учетом ограниченных возможностей системы управления подачами позволило установить влияние показателей, которые характеризуют условия шлифования, на производительность оптимального ступенчатого рабочего цикла.

Установлено, что наибольшее влияние на производительность оказывают показатели  $p_0$  и  $a_m$ . Остальные факторы ( $Y$ ,  $b$  и  $a_r$ ) незначительно влияют на производительность. Оказалось, что во многих случаях для одинаковых условий шлифования существует не один, а множество (от 2 до 18) оптимальных алгоритмов управления, которые отличаются распределением припуска и числа проходов между этапами рабочего цикла. Никакой закономерности в распределении не наблюдается. Поэтому давать общие рекомендации по распределению припуска между этапами рабочего цикла, как это делается в некоторых литературных источниках, не рационально, так как в таких случаях алгоритм управления не будет оптимальным. Аналогично, нельзя давать общие рекомендации по распределению значений подач между этапами рабочего цикла, так как между ними наблюдается значительный разброс без явной закономерности.

### Литература

1. Ящерицын П.И., Махаринский Е.И., Махаринский Ю.Е. Ограничения производительности при плоском шлифовании. Весці акадэміі навук Беларусі. (Серія фізіка-тэхнічных навук), №1, 1998 г.