

УДК 621.92

А.Н. УШАКОВ, О.И. СЕРХОВЕЦ, А.В. ФЕСЕНКО

ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУР РАБОЧИХ ЦИКЛОВ КРУГЛОГО НАРУЖНОГО ВРЕЗНОГО ШЛИФОВАНИЯ

У статті представлено дослідження перехідних процесів у циклі круглого зовнішнього врізного шліфування. Результати даного дослідження можуть ефективно використатися при розробці технологічного процесу круглого зовнішнього врізного шліфування для обробки на верстатах з адаптивними системами керування.

In clause the research of transients in a cycle round outside grinding is submitted. The results of the given research can effectively be used by development of technological process round outside grinding for processing on machine tools with adaptive control systems.

В настоящее время для обработки высокоточных изделий используют круглошлифовальные станки с адаптивным управлением. Эксплуатация данных станков зависит от многих факторов, в частности, от правильности реализации цикла круглого наружного врезного шлифования. Современные адаптивные системы круглошлифовальных станков позволяют осуществлять шлифование изделий с учетом переходных процессов в цикле обработки.

Важным направлением по совершенствованию адаптивных систем управления является реализация многоступенчатых циклов обработки с учетом переходных процессов. Данное совершенствование позволит обеспечить высокие требования к точности размеров, формы и качеству поверхностного слоя деталей, обрабатываемых на круглошлифовальных станках.

Эффективное управление процессом шлифования на станках с адаптивными системами возможно в том случае, когда основные закономерности, присущие этому процессу представлены в виде математической модели.

Известно, что рабочий цикл процесса круглого наружного врезного шлифования может существенно меняться в зависимости от требований технологического процесса. Как следствие, при этом изменяется структура переходных процессов. Основной задачей при определении структуры цикла является обеспечение стабильных показателей по качеству шлифуемой поверхности при максимальной производительности и минимальных затратах времени на техническое обслуживание рассматриваемой операции. Исследования в этой области отражены в работах как отечественных, так и зарубежных ученых, таких как: Корчак С.Н., Лурье Г.Б., Эльянов В.Д., Филимонов Л.Н., Ящерицын П.И., Якимов А.В. и др.

Анализ применяемых на практике циклов позволил сделать вывод, что их структура в основном определяется четырьмя вариантами (таблица 1).

Таблица 1 – Набор структур рабочих циклов

Этапы цикла							
N	форсированная подача	черновая подача	выхаживание с доводочной подачей	чистовая подача	выхаживание с доводочной подачей	доводочная подача	параметр, определяющий Ra
1	$S_{м1}$	$S_{м2}$	-	-	-	-	$S_{м2}$
2	$S_{м1}$	$S_{м2}$	есть	-	-	-	$S_{мдов1}$
3	$S_{м1}$	$S_{м2}$	-	$S_{м3}$	-	-	$S_{м3}$
4	$S_{м1}$	$S_{м2}$	есть	$S_{м3}$	-	-	$S_{м3}$
5	$S_{м1}$	$S_{м2}$	-	$S_{м3}$	есть	-	$S_{мдов2}$
6	$S_{м1}$	$S_{м2}$	есть	$S_{м3}$	есть	-	$S_{мдов2}$
7	$S_{м1}$	$S_{м2}$	-	$S_{м3}$	-	$S_{м4}$	$S_{м4}$
8	$S_{м1}$	$S_{м2}$	есть	$S_{м3}$	-	$S_{м4}$	$S_{м4}$

Рассмотрим процесс круглого врезного шлифования как систему управления с обратной связью рисунок 1.

На схеме обозначены: $\Pi(\tau)$ - общая толщина срезаемого слоя металла на сторону от начала шлифования до времени τ ; $S(\tau)$ - мгновенная номинальная величина задаваемого перемещения шлифовального круга относительно обрабатываемого изделия; $y(\tau)$ - деформация упругой системы; τ - текущее время; $a(\tau)$ - мгновенная толщина срезаемого металла; τ_n - время одного оборота изделия; $P_y(\tau)$ - мгновенная радиальная сила шлифования; $J\Sigma$ - суммарная жесткость системы СПЗИ; K - статический коэффициент резания; $f(\tau)$ - переходная функция радиальной силы, которая изменяется по переходной функции инерционного звена первого порядка.

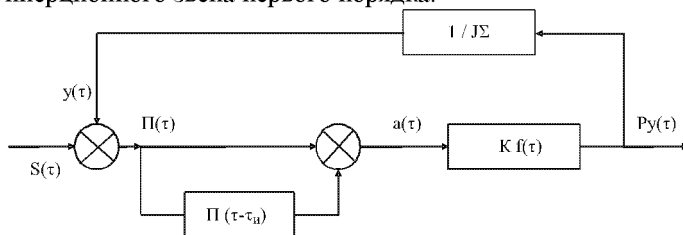


Рис. 1 Схема процесса круглого наружного врезного шлифования

На переходных процессах (врезание, выхаживание) меняющиеся P_y приводит к изменению величины срезаемого припуска. В систему введен учет величины снятого припуска на предыдущем обороте, так называемая "наследственность по изделию".

Для графического отображения элементов переходных процессов (рис.2) рассмотрим рабочий цикл обработки N 4, как один из наиболее полных по элементам цикла из рассматриваемых в данной работе, где изображены следующие этапы переходных процессов: 1 - врезание, 2 - черновой этап, 3 - переходной процесс, имеющий место при переходе от черновой к чистовой подаче, 4 - чистовой этап, 5 - окончательное выхаживание; соответственно $\tau_{вр}$ - время врезания, $\tau_{чер}$ - время чернового этапа, $\tau_{пер}$ - время переходного процесса, $\tau_{чист}$ - время чистового этапа, $\tau_{вых}$ - время выхаживания.

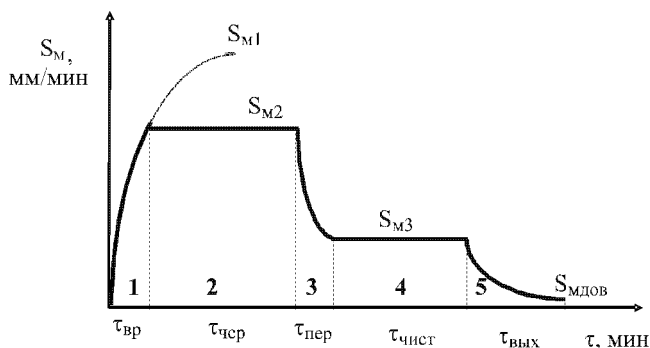


Рис. 2 Структура рабочего цикла

Математическая модель переходных процессов в цикле круглого наружного врезного шлифования представлена в работе [1].

Рассмотрим использование математической модели расчета параметров переходных процессов для способа шлифования с автоматическим регулированием поперечной подачи. Данный способ разрешает проводить шлифование с дискретным изменением подачи в функции текущего припуска от реального значения врезной подачи к ее конечному значению, которое завершает цикл обработки. Момент отключения подачи после каждого этапа обработки определяют по величине припуска, который контролируется прибором активного контроля.

Расчет будем вести для цикла N4 с такими исходными данными: деталь из стали 50Г закаленной, диаметром $d=110$ мм, шириной $B=56$ мм с припуском на диаметр $Po=0.3$ мм, коэффициент режущей способности круга, $K_r=18$ мм³/мин*Н, суммарная жесткость системы СПЗИ может изменяться через переменную жесткость детали $\Sigma C=6.02 \cdot 10^5 \div 9.29 \cdot 10^5$ Н/мм. Данная суммарная жесткость соответствует диапазону переменной жесткости трех деталей представителей, поставляемых к станку с адаптивным управлением модели 3M152ВФ20.

Расчет элементов переходных процессов для условия сменной жесткости деталей и таким образом системы СПЗИ в целом сводим в таблицу 1.

Согласно полученным результатам строим графики зависимости элементов переходных процессов от жесткости детали:

Таблица 1.

$C \cdot 10^5$	6.3	6.38	6.56	6.97	7.22	8.03	8.76	9.32	9.72	9.95
$T \cdot 10^{-3}$	1.78	1.76	1.71	1.61	1.56	1.41	1.3	1.23	1.18	1.15
$\tau_{\text{сп}} \cdot 10^{-4}$	1.87	1.85	1.8	1.7	1.65	1.49	1.37	1.29	1.24	1.21
$\Pi_{\text{сп}} \cdot 10^{-3}$	4.78	4.72	4.59	4.34	4.19	3.79	3.49	3.29	3.17	3.1
$\tau_{\text{пер}} \cdot 10^{-3}$	1.63	1.61	1.57	1.48	1.43	1.29	1.19	1.12	1.08	1.06
$\Pi_{\text{пер}} \cdot 10^{-4}$	5.35	5.28	5.14	4.85	4.69	4.24	3.91	3.69	3.54	3.47
$\tau_{\text{вых}} \cdot 10^{-3}$	4.61	4.56	4.44	4.19	4.05	3.66	3.37	3.18	3.06	2.99
$\Pi_{\text{вых}} \cdot 10^{-4}$	3.29	3.26	3.17	2.99	2.89	2.61	2.41	2.27	2.18	2.14

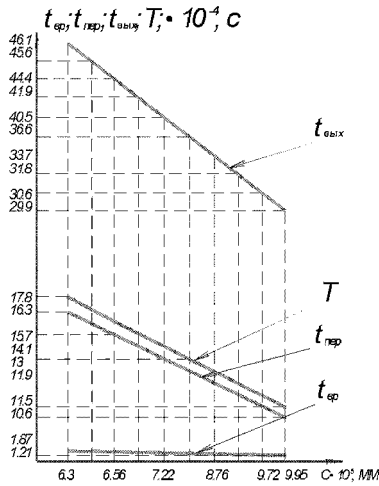


Рис. 3 Влияние жесткости детали на продолжительность этапов переходных процессов

Аналогично получены графики влияния других технологических параметров на переходные процессы цикла врезного шлифования (рис. 4-8).

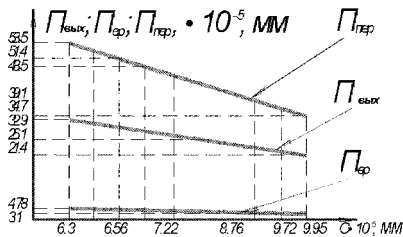


Рис. 4 Влияние жесткости детали на припуски, снимаемые на этапах переходных процессов

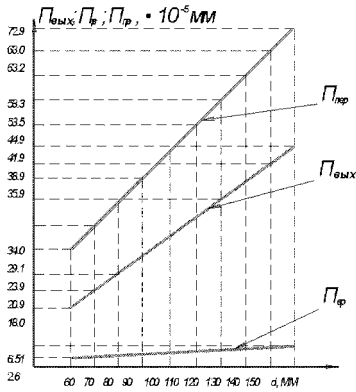


Рис. 5 Влияние диаметра детали на припуски, снимаемые на этапах переходных процессов

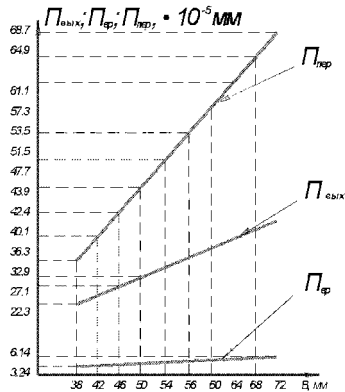


Рис. 6 Влияние ширины шлифования на припуски, снимаемые на этапах переходных процессов

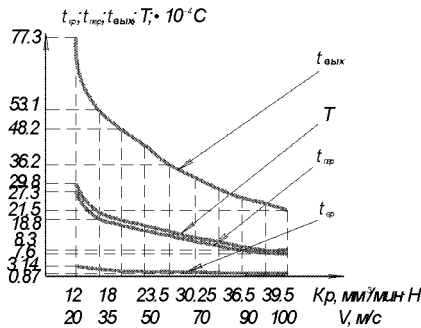


Рис. 7 Влияние коэффициента режущей способности круга и соответственно скорости резания на продолжительность этапов переходных процессов

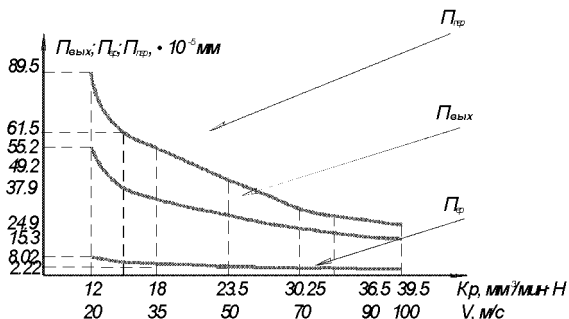


Рис. 8 Влияние коэффициента режущей способности круга и соответственно скорости резания на припуски, снимаемые на этапах переходных процессов

Таким образом, на основании выше проведенных расчетов можно рассчитать действительную продолжительность рабочего цикла обработки одной шейки, т.е. машинное время, для цикла № 4 по формуле:

$$\tau_0 = \tau_{ep} + \tau_1 + \tau_{nep} + \tau_2 + \tau_{вых} + \tau_3$$

где τ_1 - время на срезание чернового припуска

$$\tau_1 = \frac{P_1 - P_{BP}}{S_{M2}}$$

где P_1 - принятый припуск для чернового перехода; S_{M2} - принятая подача для чернового перехода; τ_2 - время на срезание чистового припуска

$$\tau_2 = \frac{P_2 - P_{nep}}{S_{M3}}$$

где P_2 - принятый припуск для чистового перехода; S_{M3} - принятая подача для чистового перехода; τ_3 - время на срезание припуска на доводочном переходе

$$\tau_3 = \frac{P_3 - P_{вых}}{S_{M3}}$$

где P_3 - принятый припуск для доводочного перехода; S_{M3} - принятая подача для доводочного перехода.

Тогда имеем

1) для минимального значения жесткости детали

$$\begin{aligned} \tau_{\max} = & 1.87 \cdot 10^{-4} + \frac{0.12 - 4.97 \cdot 10^{-5}}{0.5} + 1.63 \cdot 10^{-3} + \frac{0.026 - 5.62 \cdot 10^{-4}}{0.2} + \\ & + 4.61 \cdot 10^{-3} + \frac{0.004 - 3.46 \cdot 10^{-4}}{0.015} = 0.6171 \text{ мин} \end{aligned}$$

2) для максимального значения жесткости детали

$$\tau_{\min} = 1.21 \cdot 10^{-4} + \frac{0.12 - 4.97 \cdot 10^{-5}}{0.5} + 1.06 \cdot 10^{-3} + \frac{0.026 - 5.62 \cdot 10^{-4}}{0.2} + 2.99 \cdot 10^{-3} + \frac{0.004 - 3.46 \cdot 10^{-4}}{0.015} = 0.61486 \text{ мин}$$

Выводы: Результаты проведенного исследования позволяют построить оптимальный по производительности цикл круглого наружного врезного шлифования.

Список литературы: 1. Ушаков А.Н., Серховец О.И., Фесенко А.В. Математическое моделирование переходных процессов в цикле круглого наружного врезного шлифования // Вісник Національного технічного університету "Харківський політехнічний інститут". Збірник наукових праць. Тематичний випуск: Технології в машинобудуванні.- Харків: НТУ"ХПІ".-2007. №1,- 144с, С.26-32.

Поступила в редколлегию 10.10.07