

УДК 621.923



Л.Б. Шрон,
к.т.н. доцент,
Севастопольский
национальный
технический
университет
e-mail:
shronlb@mail.ru



Э.Э. Ягьяев,
к.т.н., доцент, РВУЗ
Крымский инженерно-
педагогический
университет
e-mail:
elmar1875@gmail.com

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ ДИАГНОСТИКИ ПРОЦЕССА ЧИСТОВОГО ШЛИФОВАНИЯ ПО ДИНАМИКЕ ИЗМЕНЕНИЯ ВЫХОДНЫХ ПЕРЕМЕННЫХ

Л.Б. Шрон, Э.Э. Ягьяев. Совершенствование системы диагностики процесса чистового шлифования по динамике изменения выходных переменных. Предложена система диагностики для круглого наружного шлифования на основе анализа изменения выходных переменных и параметров состояния технологической системы с коррекцией циклов.

L.B. Shron, E.E. Yagyaev. Improving Diagnostic fair grinding process on the dynamics of change of the output variables. The system of diagnosis for external grinding by changes in the output variables and parameters of the state of the technological system with correction cycles.

Введение. Развитие автоматизированных производств выдвигает на первый план необходимость широкого внедрения в металлообработке оборудования, управляемого микропроцессорными системами, в том числе станков с ЧПУ, гибких производственных линий и систем, автоматизированных производств. На операциях круглого наружного шлифования, которое является наиболее широко распространенным методом окончательной обработки, качество поверхности, точность диаметрального размера достигается за счет применения приборов активного контроля и систем диагностики. Повышение эффективности обработки заготовок на автоматизированном оборудовании можно обеспечить, за счет создания более оперативной, работающей в режиме реального времени системы диагностики [1].

На основании изложенного целью работы является: Разработка метода диагностики, процесса чистового шлифования на основе анализа динамики изменения выходных переменных и параметров состояния технологической системы.

Изложение основного материала. Рассмотрим методы диагностики операций шлифования существующие в настоящее время и нашедшие применение в промышленности табл. 1.

Методы диагностики ТС операции шлифования.

Объект диагностирования	Элементы диагностирования	Параметры диагностирования
Станок	Точность перемещения исполнительных механизмов	по силе тока, напряжению, мощности; по температуре и температурным полям; по виброакустическим параметрам; по точности пространственных положений и жесткости; по силовым параметрам; по временным интервалам; тестовые методы;
	Жесткость станка	
	Частота вращения шпинделя круга	
	Частота вращения заготовки	
Приспособление	Механизм зажима	по температуре и температурным полям; по виброакустическим параметрам; по точности пространственных положений и жесткости; по параметрам движения; по силовым параметрам;
	Центр	
Приспособление для правки круга	Точность перемещения алмаза	по точности пространственных положений и жесткости; по параметрам движения; по временным интервалам;
	Износ алмазного карандаша	
Заготовка	Размер	по силе тока, напряжению, мощности; по точности пространственных положений и жесткости; по параметрам движения; по силовым параметрам;
	Расположение поверхностей	
	Форма поверхностей	
	Скорость съема припуска	
Инструмент	Диаметр при износе и правке	по силе тока, мощности; по температуре и температурным полям; по виброакустическим параметрам; по силовым параметрам; по временным интервалам;
	Состояние рабочей поверхности	
	Отклонения формы	
СОТС	Дисбаланс	по температуре и температурным полям; по временным интервалам; тестовые методы;
	Состав	
	Уровень загрязнения	

Устройство ЧПУ	Система управления приводами Датчики	по силе тока, напряжению, мощности; по температуре и температурным полям; по параметрам движения; по силовым параметрам; по временным интервалам; тестовые методы;
----------------	---	--

Диагностированию ТС операции шлифования подвергают: шлифовальный круг, деталь, шпиндель, приспособление, приспособление для правки, СОТС, элементы системы управления (СУ).

Какие диагностические признаки, контролируемые параметры и частота их использования наиболее часто применяются, представлены в таб. 2. Наиболее часто осуществляется диагностика размеров шлифовального круга и обрабатываемой детали, контроль параметров процесса резания, контроль ресурса шлифовального круга

Таблица 2. Основные диагностические признаки и контролируемые параметры операции шлифования.

Объекты контроля	Основные диагностические признаки и контролируемые параметры	Относительная частота применения, %
Процесс резания	Сила резания	16
	Мощность резания	11
	Вибрации	6
	Уровень акустической эмиссии	5
	Крутящий момент	4
	Температура в зоне резания	3
Режущий инструмент	Размерный износ	13
	Ресурс	9
	Состояния рабочей поверхности	4
	Дисбаланс	3
Обрабатываемая заготовка	Размеры и форма	22
	Скорость съема припуска	12
	Шероховатость, температура, электрическая емкость и индуктивность	6
СОТС	Состав	5
	Уровень загрязнения	3

На основе анализа табл. 1 и 2 для круглошлифовальных станков основными информативными элементами для диагностики являются, шпиндель со

шлифовальним кругом, центра, деталь, електродвигатель привода шлифовального круга.

Существующие системы диагностики включают в себя специальные датчики с указанием места их установки для измерения тепловых, силовых, и динамических параметров. Температура при помощи термопар или пирометров определяется в зоне контакта заготовки с шлифовальным кругом.

Дополнительно может измеряться температура СОТС в системе станка.

Силовые характеристики процесса резания P_z и P_y , диагностируются с использованием тензометрических центров.

Изменения параметров детали контролируется приборами активного контроля.

Диагностика изменения параметров шлифовального круга проводится как прямыми, так и косвенными методами. Действующие значения токов в приводе главного движения служат важнейшими показателями процесса резания и измеряются датчиками токов.

Датчики бесконтактного типа, например вихретоковые, контролируют радиальное биение в процессе обработки. Вибрационные датчики устанавливаются на шпинделе станка и характеризуют виброустойчивость процесса шлифования.

Все диагностируемые сигналы поступают на устройства сопряжения, затем через АЦП направляются на обработку в ЭВМ.

Реализация рассмотренной системы требует серьезной модернизации существующего оборудования и дополнительных затрат на техническое обслуживание, настройку и ремонт.

В связи с этим на практике при исследовании операций шлифования каждый из исследователей пользовался определенными методами и набором диагностических параметров в зависимости от поставленной задачи.

Первые системы диагностики и адаптивного управления (САУ) были разработаны под руководством Б.С. Балакшина [2] и получили дальнейшее развитие в работах Б.М. Базрова [3], В.Н. Подураева [4], В.Н. Михелькевича [5], Ю.М. Соломенцева, В.Г. Митрофанова, В.А. Тимирязева [6], М.Д. Узуняна [7], Ю.В. Петракова [8], Е.С. Пуховского [9], и др. исследователей.

Рассмотренные принципы построения алгоритмов диагностики и управления позволяют найти пути их совершенствования. Например, изменение диаметра шлифовального круга за период его эксплуатации приводит к изменению скорости его износа, силы резания.

Эти изменения оказывают существенное влияние на точность обработки, шероховатость поверхности, режущую способность инструмента и штучное время.

Следовательно, для оптимизации процесса резания необходимо учитывать большее число технологических факторов.

Вышеприведенный анализ методов диагностики позволяет сделать следующее заключение: существует множество подходов, обеспечивающих мак-

симальную производительность обработки поверхности при требуемом качестве изготовления детали.

Однако данные системы диагностики не могут обеспечить полное использование возможностей оборудования с программным управлением, так как, либо полностью не учитывают фактическое состояние технологической системы, либо частично отражают изменение параметров системы с большим запаздыванием.

Для успешной реализации рассматриваемого метода обработки на автоматизированном оборудовании необходимо разработать методы оценки влияния возмущающих факторов на выходные параметры процесса с целью выявления наиболее значимых в данных производственных условиях.

При этом необходимо определить функциональные или статистические зависимости между возмущающими воздействиями и регулируемыми параметрами.

Рассмотрим особенности процесса диагностики и управления обработки деталей на автоматизированном оборудовании. Система может работать в следующих режимах:

- 1) без коррекции управляющей программы;
- 2) с коррекцией управляющей программы;
- 3) с коррекцией управляющей программы на основе априорной информации и результатов измерения выходных переменных.

При работе по первой схеме обработка каждой новой заготовки выполняется по неизменяемому постоянному циклу. Типовая зависимость выходных переменных от времени (например, скорости съема материала r') представляется кусочной функцией с длительностью интервала T_j , j -й разрыв которой определяет конец обработки j -й и начало обработки $(j+1)$ -й заготовки. При обработке первой заготовки наблюдается не только снижение скорости съема материала вследствие изменения режима, но и в следствие изменений в системе. При обработке второй заготовки величина $r'(t-T_1)$ по значению меньше $r'(t)$, $T_1 < t \leq T_2$, могут отличаться и ее параметры. Такая тенденция сохраняется до правки круга, после которой наблюдается увеличение r' , но, как правило, он уже не достигает уровня, полученного при обработке первой заготовки в связи с уменьшением диаметра круга.

Настройка управления выполняется для наихудших условий обработки. Этот уровень настройки реализуется и при обработке первой заготовки, что вызывает снижение скорости съема материала в момент времени t на величину

$$\Delta r'(t) = r'_m(t) - r'_\phi(t), \quad (1)$$

где $r'_m(t)$ – теоретическое значение скорости съема материала при отсутствии изменений в системе;

$r'_\phi(t)$ – фактическое значение скорости.

Суммарные потери в производительности при отсутствии коррекции определяются суммой потерь при обработке каждой заготовки за период до полного износа инструмента:

$$\Theta = \sum_{j=1}^N \int_{T_{j-1}}^{T_j} [r'_{mj}(t) - r'_{фj}(t)] dt. \quad (2)$$

При коррекции управляющей программы на основе априорной информации фактические зависимости выходных переменных также не совпадают с высокоэффективными. Это связано с погрешностями математических моделей и наличием неучтенных изменений. Однако потери в этом случае менее значительны.

Дальнейшее уменьшение потерь может быть достигнуто за счет внесения дополнительных коррекций в модель технологической операции, структуру или параметры циклов по результатам диагностики. Коррекция модели может производиться как непосредственно при эксплуатации, так и при настройке технологической системы на обработку партии заготовок.

Каждая коррекция связана с определенными затратами (материальными, например, правка инструмента, временными, вычислительными). В связи с этим наличие отклонений выходных переменных $Y(t)$ еще не является безусловным критерием для проведения коррекции. Выходные переменные характеризуются не только математическим ожиданием $M(y)$, дисперсией $S(y)$, допуском $\delta(y)$, но и обобщенным критерием качества $C=a[M(y), \delta(y), S(y)]$, например, прибылью от продажи изделия. Задача принятия решения о введении коррекции управления в этом смысле является также задачей оптимизационной.

Рассмотрим более детально влияние изменений технологической системы на выходные переменные операций. Процессу шлифования свойственны как признаки дискретных, так и непрерывных систем

С одной стороны, формирование параметров качества базового участка обрабатываемой поверхности происходит периодически, только при контакте с инструментом, изменение параметров рабочей поверхности инструмента - только при контакте с заготовкой, материал заготовки удаляется дискретными порциями. С другой стороны, процесс формирования новой поверхности идет непрерывно. Все это требует применения для анализа математического аппарата как непрерывных, так и дискретных систем.

По классификации Ю.Ту [10] технологическая операция обработки резанием может быть отнесена к нестандартным системам с переменной частотой прерывания. Временная шкала квантования операции шлифования по своей структуре достаточно сложна и содержит от 10 до 12 частот прерывания. Совокупность частот прерывания может быть представлена матрицей:

$$T = [T_{\text{кк}}, T_{\text{ок}}, T_{\text{кз}}, T_{\text{оз}}, T_{\text{ц}}, T_{\text{о}}, T_{\text{ин}}, T_{\text{и}}, T_{\text{пр}}, T_{\text{ст}}]'$$

где $T_{\text{кк}}$ – время контакта базового участка поверхности круга с заготовкой;

$T_{\text{ок}}$ – время одного оборота круга;

$T_{\text{кз}}$ – время контакта участка заготовки с кругом;

$T_{\text{оз}}$ – время одного оборота заготовки;

$T_{\text{ц}}$ – время этапа цикла обработки;

$T_{\text{о}}$ – основное время обработки одной заготовки;

$T_{\text{ин}}$ – время работы инструмента между правками;

$T_{\text{и}}$ – время работы инструмента до полного износа;

$T_{\text{пр}}$ – время работы приспособлений до замены или ремонта;

$T_{\text{ст}}$ – время работы станка до технического обслуживания или ремонта.

Проведенные анализы входных, выходных переменных и параметров состояния позволяют выделить из каждой подсистемы, наиболее существенно изменяющиеся параметры и оценить их влияние на выходные переменные операции чистового шлифования.

Однако имея данные о значении выходных переменных в фиксированный момент времени t , часто бывает невозможно выявить изменившийся параметр технологической системы.

Прямой же замер параметров состояния часто бывает либо невозможен, либо трудоемким и не отвечает требованиям задачи диагностики.

Анализ особенностей изменения параметров состояния и выходных переменных операции шлифования показывает изменения времен прерывания T .

Каждый из периодов прерывания более высокой длительности (порядка) включает в себя несколько интервалов нижеследующего порядка.

Совокупность интервалов образуют иерархическую структуру.

Так, например, при обработке деталей типа валов на круглошлифовальном станке установлено, что время работы станка до технического обслуживания $T_{\text{ст}}=7,5 \times 10^6$ с., время работы инструмента до полного износа $T_{\text{ин}}=6,9 \times 10^4$ с., время работы инструмента между правками $T_{\text{пр}}=2,4 \times 10^2$ с, время обработки одной поверхности $T_{\text{пов}}=20$ с., время оборота детали $T_{\text{обд}}=0,25$ с., время оборота круга $T_{\text{обкр}}=0,026$ с.

Длительность интервалов непостоянна и зависит не только от конструктивных особенностей элементов системы и законов изменения управляющих воздействий, но и состояния системы в момент времени t .

Выводы.

Выполненный анализ позволяет по изменению каждого параметра технологической системы получить свои частотные, скоростные и временные характеристики, которые не образуют непрерывного спектра и достаточно хорошо различимы.

Имея данные по динамике изменения выходных переменных представляется возможным определить параметр, влияющий на изменение технической системы и ввести коррекцию в управление процессом обработки, а также рассчитать интервалы времени, через которые необходимо учитывать те или иные ее изменения.

Литература

1. Новоселов Ю. К. Диагностика операций чистового шлифования по динамике изменения выходных переменных и параметров состояния технологической системы / Ю. К. Новоселов, Э. Э. Ягьяев, Н. Р. Кириенко // Вестник СевНТУ : сб. науч. тр. – Севастополь, 2010. – Вып. 107. – С. 170–173.
2. Балакшин Б. С. Основы технологии машиностроения /Б.С. Балакшин. – М. : Машиностроение, 1969. – 358 с.
3. Базров Б.М. Повышение точности деталей путем управления процессом их обработки / Б.М. Базров // Машиностроитель. – 1979. – № 3 – С. 11 – 12.
4. Подураев В.Н. Технология физико - механических методов обработки / В.Н.Подураев. – М. Машиностроение, 1988. – 264 с.
5. Михелькевич В.Н. Автоматическое управление шлифованием / В.Н.Милькевич. – М. : Машиностроение, 1975. – 304 с.
6. Соломенцев Ю.М. и др. Адаптивное управление технологическими процессами /Ю.М. Соломенцев, В.Г.Митрофанов, К.В.Рыбкин, В.А.Тимерязев. – М: Машиностроение, 1980. - 536 с.
7. Узунян М.Д. Алмазно-іскрове шліфування твердих сплавів / М.Д. Узунян. – Х. : НТУ «ХП», 2003. – 359с.
8. Петраков Ю.В. Теория автоматического управления технологическими системами / Петраков Ю.В., Драчев О.И. – М. : Машиностроение, 2009. – 336с.
9. Пуховский Е.С. Технологические основы гибкого автоматизированного производства / Е.С.Пуховский. – К. : Выш. Шк., 1989. – 240 с.
10. Ту Ю. Современная теория управления / Ю. Ту. – М. : Машиностроение, 1971. – 472 с.