

УДК 621.923

**ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПРОБЛЕМЫ СТАБИЛИЗАЦИИ ПАРАМЕТРОВ КАЧЕСТВА ПРИ ЧИСТОВОМ И ТОНКОМ ШЛИФОВАНИИ****Братан С.М., д.т.н., профессор****Севастопольский национальный технический университет**

91034, Украина, г. Луганск, кв. Молодёжный, 20а. Кафедра «Технология машиностроения»

E-mail: [an\\_mitsyk@mail.ru](mailto:an_mitsyk@mail.ru)

У наданій статті представлені основні характеристики проблеми забезпечення якості при виконанні технологічних операцій чистового і тонкого шліфування.

**Ключові слова:** якість, чистове шліфування, тонке шліфування, технологічні операції.

In a paper the main problems of parameter stability security of quality at fair and fine grinding are introduced.

**Key words:** quality, fair grinding, fine grinding, technique.

**Введение.** Высокий уровень требований к современным машинам и приборам обусловил ряд проблем, связанных с созданием высокопроизводительных технологических процессов, обеспечивающих изготовление деталей с заданными параметрами качества. Последние определяют функциональную пригодность деталей (возможность собираемости в сборочные единицы, узлы и агрегаты, обеспечение герметичности стыков и др.), их эксплуатационные характеристики (усталостную прочность, коррозионную стойкость, износостойкость, контактную жесткость и др.).

Окончательно такие параметры формируются на финишных операциях, в числе которых особое место по применимости принадлежит чистовому и тонкому шлифованию. К таким операциям относятся все виды абразивного, алмазного и комбинированного шлифования, обеспечивающие обработку изделий по 7-6 квалитету при чистовом и 6-5 квалитетам – при тонком шлифовании [1].

При проектировании технологических процессов абразивно-алмазной обработки за основу берутся детерминированные модели, по которым рассчитываются традиционные или традициограничные циклы шлифования, осуществляется обработка партии заготовок, после чего систему перестраивают на обработку другого типоразмера или вида. В результате этого технологический процесс осуществляется с применением традиционных режимов резания, способов диагностики и управления.

Вместе с тем процессы шлифования имеют сложную стохастическую природу. В процессе резания изменяются не только параметры объекта, но и самой технологической системы (ТС). Это приводит к нестабильности качества изделий и не позволяет в полной мере использовать значительные технологические возможности чистового и тонкого шлифования как финишной операции.

**Анализ предварительных исследований.** Основной характеристикой качества всех ТС является способность выполнять заданные функции в течение определённого промежутка времени. В свою очередь, указанная способность характери-

зуется параметрами и показателями качества (ПК) технологических процессов изготовления ее элементов и системы в целом. Постоянство ПК во времени является важнейшей характеристикой качества технологических систем и характеризует стабильность функционирования изготовленной системы. Отсутствие требуемой стабильности изготовления элементов системы является отрицательной характеристикой, которая может проявиться в виде потери системой в целом заданных технических характеристик. Особенно высокие требования к стабильности ПК предъявляются при серийном, крупносерийном и массовом производстве, когда появляется возможность использовать автоматизированное оборудование.

Например, при производстве металлорежущих станков, каждый станок может иметь после сборки различную точность позиционирования рабочих органов, что обусловлено погрешностями изготовления каждой из деталей на финишных операциях, т.к. именно на них формируется окончательное качество деталей, которое непосредственно влияет на качество станка в целом. В тоже время, стремление интенсифицировать процесс обработки заготовок на этих операциях приводит к снижению ПК и потере их стабильности вследствие влияния неучтенных переменных технологических факторов производства.

К числу наиболее распространенных высокопроизводительных финишных методов обработки относятся операции чистового и тонкого шлифования, обеспечивающие высокие параметры ПК деталей.

Так как технологический процесс чистового и тонкого шлифования является сложным многокомпонентным объектом, на который оказывает влияние большое количество изменяющихся входных, управляющих и возмущающих воздействий, то необходимо рассмотреть его как систему. Принципиальная возможность рассматривать технологический процесс как ТС доказана в работе [2].

**Цель работы.** Определение основных характеристик проблемы обеспечения качества при выполнении технологических операций чистового и тонкого шлифования.

**Материал и результаты исследований.** Методами системного анализа можно провести декомпозицию воздействий со стороны окружающей среды на технологический процесс путем влияния на:

- измеряемую и управляемую часть – вектор управления  $U(t)$ ;
- измеряемую, но неуправляемую часть – вектор входных переменных  $X(t)$ ;
- неизменяемую (и, тем более, неуправляемую часть) – вектор  $\Omega(t)$ .

Внутри каждого из указанных векторов можно выделить компоненты, характеризующие факторы, воздействующие на технологический процесс (рис.1).

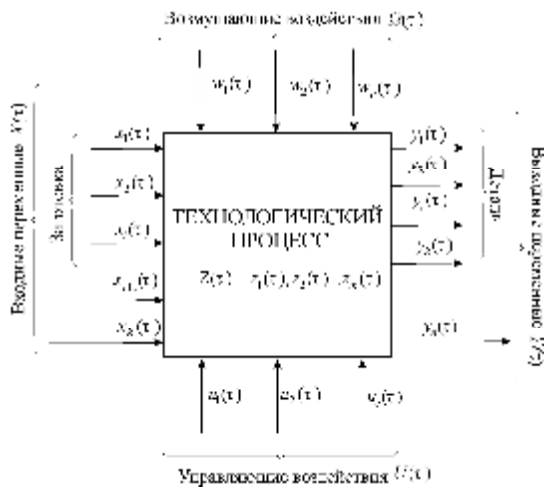


Рисунок 1 – Технологическая операция

Состояние технологического процесса отображается вектором  $Z(t)$ . При этом доступная измерению часть  $Z(t)$  является вектором выходных переменных  $Y(t)$ . Часть выходных переменных  $Y(t)$  определяет единичные показатели качества  $y_k(t)$ , по которым целесообразно вести оценку стабильности технологического процесса.

Согласно общепринятым представлениям, например [3], под стабильностью понимают свойство технологического процесса сохранять показатели качества изготовления продукции в заданных пределах в течение некоторого промежуточного времени.

$$\text{Следовательно, } |y_k(t_0) - y_k(t)| \leq e_k \quad (1)$$

при  $t \in (t_0, t_f)$ ,

где  $e_k$  – заданный предел изменения  $k$ -го показателя качества,  $(t_0, t_f)$  – заданный интервал времени, в течение которого должны сохраняться пока-

затели качества. Эти показатели должны находиться в пределах заданного поля допуска -

$$y_{k \min} \leq y_k(t) \leq y_{k \max}.$$

Данное неравенство гарантированно выполняется при условии, что

$$\left| \frac{dy_k}{dt} \right| \leq d_k, \quad (2)$$

где  $d_k = \frac{e_k}{t_f - t_0}$  – ограничение по скорости изменения параметра  $y_k$ .

Причинами, вызывающими изменение  $y_k$  являются внешние воздействия на технологический процесс, т.е. векторов воздействий  $U(t)$ ;  $X(t)$ ,  $\Omega(t)$  и начальные условия состояния  $Z(t_0)$ . В силу того, что  $\Omega(t)$  является неизменяемым, то его компоненты могут считаться случайными функциями, результат воздействия которых приводит к случайным отклонениям от номинальных значений  $y_k$  и, следовательно, появлению элементов случайности в показателях качества.

В соответствии с ГОСТ 15895-77, для такого случая критерием стабильности служит среднее квадратическое отклонение контролируемого параметра  $S_{y_k}$ , т.е.

$$S_{y_k} \leq S_{y_k \max}. \quad (3)$$

Обеспечение стабильности соответствующих показателей производится за счет выбора компонент вектора  $U(t)$  (рис.1).

Считается, что рациональными является такие параметры управления  $U(t)$ , которые обеспечивают положение центра рассеивания  $y_k$  внутри поля допуска  $(y_{k \min}, y_{k \max})$  на таком уровне  $y_{k0}$ , который минимизирует вероятность появления бракованных деталей [3]. Обычно указанную задачу решают путем соответствующей фиксированной настройки станка  $U^*_0(t_0)$ , обеспечивавшей заданные параметры в течение максимально достижимого интервала времени [3].

В качестве примера реализации такого метода рассмотрено производство распределительных валов на Мелитопольском моторном заводе (МеМЗ).

Для оценки стабильности ПК отобраны три партии изделий, обработанных в течение одной недели. Каждая партия содержит по 10 валов, у всех из которых замеры биения и шероховатости поверхности опорных шеек. Результаты приведены в табл. 1.

Из 30 валов биение, не превышающее заданный допуск, имели 28 валов. Один вал из первой и

один вал из третьей партии по этому параметру были отбракованы. Наиболее стабильной по параметрам оказалась вторая партия. Из нее и не было отбраковано ни одного изделия.

Наличие существенных колебаний в отклонениях расположения и шероховатости поверхности можно объяснить наличием в технологических процессах существенных возмущающих воздействий  $\Omega(t)$ , вызванных нестабильностью технологического процесса, в том числе и за счет того, что часть доступных измерению параметров  $X(t)$  считается равной  $X(t_0)$  и не выполняется условие (2). Фактически при обработке каждой новой заготовки параметры процесса  $Z(t)$  принимают новые значения.

**Таблица 1 –  
Результаты замеров ПК поверхности шеек  
распределительных валов**

№ партии	Биение опорных шеек $\Delta$ , мм			Шероховатость поверхности шеек, $R_a$ , мкм		
	max	min	Дис- персия $S^2$ , мкм <sup>2</sup>	max	min	Дис- персия $S^2$ , мкм <sup>2</sup> $\times 10^{-3}$
1	0,025	0,01	6,4	0,63	0,41	1,3
2	0,023	0,09	5,3	0,62	0,51	0,4
3	0,024	0,012	4,0	0,63	0,46	0,7

Это соответствует смещению центра рассеивания относительно поля допуска и выходит за рамки ограничения (1).

Указанный недостаток может быть устранен путем уменьшения интервала  $(t_0 \ t_f)$  задания  $U_0^*(t_0)$ , т.е. более частой настройкой параметров технологического процесса, что и представляет алгоритм управления технологического процесса с периодическим восстановлением параметров. Например, обычно шлифовальный круг правят после обработки определенного количества заготовок.

Также возможно обеспечить стабильность по некоторым заданным параметрам  $y_i$  ( $z_i(t) = const$ ) выбором  $U_1^*(t_0)$  за счет более быстрого изменения «маловлиятельных» состояний  $z_j(t) = var$ . Например, для черного шлифования считаются целесообразными такие  $U_1^*(t_0)$ , при которых круг работает в режиме самозатачивания. Недостатком рассмотренного является повышенная скорость изменения «маловлиятельного» со-

стояния  $z_j(t)$ , которая может привести к выходу из поля допусков других показателей качества  $y_j$  и, в соответствии (2), – снижению и потере стабильности по этим факторам.

При определении необходимых параметров  $U_1^*(t_0)$  для таких методов обеспечения стабильности качества обычно достаточно поведенческого описания технологического процесса.

Все вышеперечисленные алгоритмы не обеспечивают одновременную стабилизацию параметров качества в условиях случайных возмущений  $\Omega(t)$ , что недопустимо для операций чистового и тонкого шлифования, для которых допуски  $e_k$  являются малыми величинами.

На операциях чистового и тонкого шлифования обработка заготовок также выполняется в условиях непостоянства параметров технологической системы обработки и окружающей среды. Изменяется состояние рабочей поверхности абразивного инструмента, состав и свойства смазочно-охлаждающих жидкостей, параметры жесткости технологической системы, температура окружающей среды и т.д. Изменение одних параметров протекает за период обработки одной детали, других – в течение смены, третьих – в течение более длительного периода.

Для таких условий  $Z(t) = var$ , вектор управления  $U^*(t)$  должен выбираться с учетом изменения  $Z(t)$ , и для каждой детали  $m$  необходимо подбирать новое управление  $U_m^*(t)$ .

**Выводы.** Применение традиционных методов и средств для обеспечения стабильности заданных параметров качества поверхностей при высокопроизводительном чистовом и тонком шлифовании практически исчерпало свои возможности и требует детализированного изучения этих технологических операций как системы, отражающей взаимодействие состояний  $Z(t)$ .

**БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ**

1. Новоселов Ю.К. Динамика формообразования поверхностей при абразивной обработке. – Саратов: Изд-во Саратов. ун-та, 1979. – 232 с.
2. Новоселов Ю.К. Динамика формообразования поверхностей при абразивной обработке. – Саратов: Изд-во Саратов. ун-та, 1979. – 232 с.
3. Ларшин В.П. Статистический контроль работоспособности технологических систем по критерию стабильности // Физические и компьютерные технологии в народном хозяйстве. Труды 5-й международной научно-технической конференции ХНПК «ФЭД». – Харьков, 2002. – С.31–32.

Рекомендовано к печати д.т.н., проф.  
Драгобецким В.В.