

## Статистическое управление процессами поверхностного пластического деформирования

**Черемухина Н. Ю.**

*Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Курганский государственный университет" (640002, г. Курган, ул. Советская, д. 63/4), e-mail: cheremukhina.n.y@gmail.com*

**Аннотация:** важными подходами концепции TQM является постоянный контроль качества продукции на всех стадиях её жизненного цикла, анализ и проведение оперативных действий в случаях появления брака, а так же меры, направленные на предотвращение повторения подобных ситуаций.

*Большую роль здесь играют статистические методы контроля стабильности процессов.*

*Использование статистических методов управления качеством позволяет снизить риски получения брака при производстве, что ведет за собой уменьшение затрат на несоответствующую продукцию.*

*На примере алмазного выглаживания, как одного из видов поверхностной обработки деталей пластическим деформированием, рассматриваются способы статистического сбора и анализа данных, их наглядного представления. Выглаживание, как известно, является стабильным и эргодичным процессом, а значит, характеризуется постоянством получаемых параметров качества.*

**Ключевые слова:** *выглаживание, индентор, процесс, контроль, статистика.*

## Statistical management by the processes of superficial flowage

**Cheremukhina N. Yu.**

*Federal State Budget Educational Institution of Higher Education "Kurgan State University" (640002 Kurgan, Sovetskaja street, 63/4), e-mail: cheremukhina.n.y@gmail.com*

**Abstract:** important approaches of the concept of TQM is constant control of quality of products at all stages of its life cycle, the analysis and carrying out prompt actions in cases of emergence of defects, and also the measures directed to prevention of repetition of similar situations. The large role is played here by statistical control methods of stability of processes. Use of statistical methods of management of quality allows to reduce risks of receiving defects by production that reduction of costs of inappropriate products leads. On the example of diamond burnishing as one of types of surface treatment of parts plastic deformation, ways of statistical collecting and the analysis of data, their visual representation are considered. Burnishing, as we know, is stable and ergodic process, so, is characterized by constancy of the received quality parameters.

**Key words:** *smoothing, indenter, process, control, statistic.*

Выглаживание является одним из методов поверхностного пластического деформирования. На стабильность процесса выглаживания влияют глубина внедрения индентора в поверхность детали, величина подачи и скорость выглаживания – при оптимальном подборе данных величин исключается возможность возникновения автоколебаний и вибраций, приводящих к резкому ухудшению качества поверхности. Кроме того, значительное влияние оказывают материал выглаживателя, степень износа индентора, его форма и расположение относительно центров станка, и качество

обрабатываемой заготовки [5] (равномерная твердость, шероховатость поверхности, волнистость, биения и т.д.). Данные характеристики влияют на точность поверхности и размер детали. Характер колебаний зависит от жесткости технологической системы СПИД. Здесь немаловажно учитывать и способ выглаживания. Упруго закрепленный индентор не исправляет неточности форм, но является менее чувствительным к биениям поверхности, а изменение размеров, волнистость и шероховатость получаются равномерными по всей поверхности, часть амплитуды колебаний компенсируется упругим элементом державки. При жестком выглаживании в значительной мере исправляются непрямолинейность, овальность и конусность, снижается волнистость, однако возникает неравномерность шероховатости и микротвердости поверхности. Из-за сильных вибраций, выглаживание с жесткой кинематической связью невозможно при скоростях выше 170 м/мин.[6]

В случае, когда режимы обработки подобраны с учетом всех рекомендаций, а деталь надежно закреплена в шпинделе станка, но заготовка имеет неравномерности в материале, прерывистость поверхности, значительные геометрические отклонения, выглаживатель начинает испытывать удары. Индентор будучи твердым, но хрупким быстро изнашивается, образуются сколы и выкрашивания, инструмент начинает царапать поверхность, а не сглаживать её. Кроме того, в процессе обработки могут возникнуть вынужденные колебания, что так же приводит к резкому ухудшению качества поверхности.[6] Обрабатывать прерывистые и криволинейные поверхности рекомендуется с помощью устройств, имеющих в своей конструкции демпфирующие элементы.

Наиболее эффективная обработка закаленных сталей при начальной шероховатости от 7 до 10 класса, при которой достигается уменьшение шероховатости примерно на 2-3 класса. При работе с шероховатостью ниже 7 класса, шероховатость снижается на один класс, что говорит о низкой эффективности. Обработка незакаленных сталей эффективна при начальной шероховатости от 5 до 8 класса. [6]

Кроме того, возможно уменьшение чувствительности процесса к вариативным параметрам качества заготовки. Этого можно добиться, исследуя варианты и сочетания параметров и режимов выглаживания, применяя методы описательной статистики и планирования эксперимента. Количеством факторов, влияющим на параметр оптимизации, определяется число опытов эксперимента и сложность получаемой формулы. Следует учитывать, что точность модели процесса тесно связана с объемом работ и затратами времени и средств. С целью уменьшения количества факторов,

уменьшения объемов работ и затрат, поводится отсеивание наименее весомых факторов методами экспертной оценки.[4]

В реалиях производства сложно оценить эффективность и целесообразность работы, используя лишь один показатель качества продукции. В процессе получения и анализа информации об изучаемом объекте, возможна смена параметра оптимизации. К примеру, от рассмотрения показателей качества поверхности возможен постепенный переход к показателям трудоемкости или затрат на производство. Это позволяет наиболее объективно оценить результаты деятельности предприятия в целом, способствует нахождению оптимума между качеством получаемой поверхности и производительностью труда (в случае обработки методами ППД: при малой величине подачи снижается высота шероховатости поверхности, но растет время обработки каждой детали).

В связи с описанным ранее, обнаруживается необходимость в оперативном контроле и управлении качеством получаемых деталей при невозможности снятия их со станка. Совершенствование профилографов-профилометров с целью контроля величины шероховатости является нецелесообразным, т.к. требует больших затрат. При этом точность измерения напрямую зависит от характеристик станка, в соответствии с чем, точность, как правило, теряется. Следовательно, необходим поиск иных решений, основанных на косвенных методах измерения.

Доказано, что физико-механические свойства обработанной поверхности связаны с величиной её шероховатости. На этом основывается метод электропроводности: шероховатость поверхности коррелирована с токопроводящей способностью. Таким образом, величину шероховатости можно оценивать по изменению индуктивности катушки, регистрируемом микроамперметром.[2]

Стабильность процесса в целом возможно сопоставлять с получаемым вибросигналом из зоны воздействия индентора на деталь. Сила воздействия связана с ускорением, следовательно, если в ходе анализа получаемых величин виброускорений установлено, что величина является стабильной и эргодичной, то и процесс является стабильным и эргодичным, а сила выглаживания не меняется. Отсюда, анализ вибросигналов позволяет судить о получаемых параметрах шероховатости, микротвердости и их постоянстве.

Стабильность получаемых вибросигналов целесообразно анализировать по признакам наличия резких пиков, разбросу величин и их симметричности. Спектральный анализ вибросигналов (при исключении из расчета вынужденных колебаний

выглаживателя) позволяет судить о стабильности процесса выглаживания: о состоянии индентора, о параметрах качества поверхности на выходе.

При диагностике получаемого сигнала возможно применение метода эталонов. Изначально задаются величины, характеризующие получение и неполучение диагностируемого параметра, и рассчитывается расстояние между ними.[1] Идентификация качества поверхности детали происходит путем сравнения расстояния между величиной, полученной на практике, и эталонной величиной с расстоянием, рассчитанным ранее. Анализ должен проводиться с учетом коэффициентов весомости, устанавливаемых экспертными методами, и рассчитываться взвешенное евклидово расстояние.

В целях избежания затрат на брак, целесообразно статистическое управление качеством, включающее в себя контроль получаемых параметров в режиме реального времени, оперативное вмешательство процесс в случае обнаружения отклонения сигналов от установленной нормы, а так же анализ возможных причин появления несоответствий с целью их дальнейшего предупреждения.

Наибольшее распространение получили контрольные карты Шухарта, позволяющие оперативно следить за протеканием процесса и своевременно регулировать его.[3] Перед началом наблюдения устанавливаются центральная линия, верхняя и нижняя границы наблюдения: CL, USL и LCL соответственно. Выход наблюдаемой величины за пределы границ свидетельствует о выходе процесса из стабильного состояния и необходимости безотлагательного вмешательства с целью подналадки.

Существуют для вида анализа с помощью контрольных карт: количественный и анализ по альтернативным признакам. При количественном анализе процесса необходимо наиболее точно определить значение полученного параметра, по которому определяется состояние процесса – шероховатость поверхности, микротвердость. Необходимость высокоточных измерений контролируемого параметра обуславливается высокой стоимостью контроля. Целесообразно применение анализа по альтернативным признакам (число дефектных изделий, число дефектов и др.), когда достаточно установить только наличие несоответствия. Следует учитывать существенный недостаток по сравнению с анализом по количественным признакам – меньшую информативность.

Статистическая управляемость процесса характеризуется его полной изменчивостью, представляющую собой внутригрупповую изменчивость в сложении с вариативным влиянием меняющихся факторов (ошибки оператора, износ инструмента, систематическая погрешность и др.) [9].

Алмазное выглаживание – процесс, требующий высокой точности, а, следовательно, вмешательства в процесс и анализа условий протекания процесса даже при малейших отклонениях. Вместе с тем, контрольные карты Шухарта могут не отреагировать на незначительные отклонения, которые могут привести к большим последствиям, чем кажется изначально. Главное отличие КУСУМ-карт средних значений от  $\bar{x}$ -карт Шухарта состоит в том, что отклонения регистрируются в форме накопленной суммы всех значений от начала процесса.[7] Кумулятивная сумма может быть рассчитана различными способами в зависимости от выбранного вида статистики: разность абсолютного значения и его математического ожидания, последовательные разности и др. В случае если процесс обработки поверхности стабилен, значение накопленной суммы, с учетом уровня настройки процесса, колеблется вокруг оси времени  $t$ , не образуя линейных трендов. Когда в процессе появляются отклонения, сумма средних значений начинает удаляться от оси. Анализ КУСУМ-карт производится с помощью выбранной V-маски, характеризующейся углом раскрытия  $2\Theta$  и высотой основания  $d$ : маску перемещают по всем контролируемым точкам так, чтобы точки графика совпадали с точкой измерения маски  $O$ , а биссектриса маски была параллельна оси времени [ГОСТ Р 50779.45-2002]. Процесс не требует вмешательства, если весь график находится внутри V-маски при каждом её положении. В противном случае процесс требует поднастройки, после проведения которой суммирование контролируемых величин начинается заново. Так же применяется численный метод оценки с использованием схемы принятия решений, когда целью анализа является обнаружение отклонений без графической визуализации получаемых данных.

Допусковый подход к контролю качества деталей на выходе имеет ряд существенных недостатков: малая информативность, невозможность своевременной поднастройки процесса обработки; затраты на отсеивание бракованных деталей и исправление незначительного брака; невозможность перехода к циклу непрерывного улучшения.

Применение статистических методов управления процессами пластического деформирования, а в частности выглаживания, [8] позволит снизить вероятность выпуска бракованной продукции, а, следовательно, снижаются затраты на брак, повышается конкурентоспособность предприятия. Данные методы контроля и управления качеством процессов обработки деталей, основанных на пластической деформации поверхности, ведут к снижению возможных вариаций параметров качества поверхности на выходе, является шагом к достижению целей политики в области качества

предприятия, удовлетворению требований потребителей, и успешного функционирования на рынке.

### **Литература.**

1. Биргер И.А. Техническая диагностика. М.: Машиностроение, 1978. 239 с.
2. Герасимов В.Я., Губанов В.Ф. Применение неразрушающих методов контроля качества механической обработки цилиндрических поверхностей деталей // Известия вузов. Машиностроение. 2005. № 11. С. 58-62.
3. Джонсон Н., Лион Ф. Статистика и планирование эксперимента в технике и науке. М.:Мир, 1980. 611 с.
4. Налимов В.В., Чернова Н.А. Статистические методы планирования экстремальных экспериментов. М.:Наука, 1965. 340 с.
5. Одинцов Л.Г. Упрочнение и отделка деталей поверхностным пластическим деформированием. М.: Машиностроение, 1987. 311 с.
6. Горбило В.М. Алмазное выглаживание. М.: Машиностроение, 1972. 104 с.
7. Статистические методы обеспечения качества / Х. Миттаг, Х. Ринне: Пер. с нем. – М.: Машиностроение, 1995. 616 с.
8. Губанов В.Ф. Статистическое регулирование качества процесса выглаживания // Технология машиностроения. 2017. № 4. С. 25-28.
9. Статистические методы в управлении качеством продукции: Учебное пособие / В.В. Ефимов, Т.В. Барт. М.: КНОРУС, 2006. 240 с.