

УДК 691.924

Симоненко Т. Е.

## ОБ ОПРЕДЕЛЕНИИ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ВИБРОЦЕНТРОБЕЖНОЙ ОБРАБОТКИ МЕТОДАМИ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ СТАТИСТИКИ

В статье рассмотрена разработка метода установления закономерностей рассматриваемого процесса, которому подчинены случайные явления, на основании изучения статистических данных – результатов наблюдений.

Отделочная обработка деталей в свободных абразивных средах (без жесткой кинематической вязи) находит все большее применение в отечественной промышленности и за рубежом. Рассматривая различные методы отделочно-зачистной обработки деталей, например центробежные, струйно-абразивные, ультразвуковые, вибрационные, несмотря на определенные успехи их применения, для обработки конкретных деталей плоских, типа тел вращения с отверстиями и без, проблема в целом еще не решена. Для определенного класса установок существуют такие недостатки, как низкая стойкость рабочих органов машин, обработка деталей только определенной массы и конфигурации, практически для всех низкая производительность. Все большее внимание в последнее время уделяется исследованиям и практическому внедрению виброцентробежной обработки. Из большого числа публикаций по этому направлению следует выделить работы Бабичева А. П. и Димова Ю. В. [1–5].

Целью работы является установление закономерностей виброцентробежного процесса обработки деталей, проведение статистического анализа при помощи решения трех основных задач математической статистики.

Основным назначением исследуемого процесса является удаление заусенцев и выдерживание заданной шероховатости поверхностей, поэтому критерий оптимизации должен оценивать изменение состояния кромок деталей, а также шероховатость поверхности [6]. Поскольку удаление заусенцев является процессом многократной пластической деформации и постепенного удаления микрообъемов поверхностного слоя со всех участков, в том числе и кромок деталей, косвенными критериями оптимизации могут служить: число следов абразивных частиц на единичных площадях поверхности образцов, величина маталлосъема с контрольных образцов в единицу времени при заданной шероховатости [7].

В процессе предварительных экспериментов установлено, что следы абразивных частиц распределяются по поверхности полированных контрольных образцов неравномерно: вдоль кромок более плотно, у центров граней – менее плотно [8]. Кроме того следы отличаются размерами и формой, что затрудняет получение объективной оценки производительности процесса, который может интенсифицироваться не только за счет увеличения количества частиц, но и за счет силы единичных ударов. Однако в пределах поверхности одного образца подсчет количества равноценных следов на контрольных площадках, ограниченных полем видимости микроскопа, не представляет особой трудности. Максимальное количество следов частиц для деталей массой от 5 до 20 г приходится на кромки, а для деталей большей массы максимум несколько смещен к средней части. Это объясняется тем, что детали с меньшей массой способны противостоять потоку абразивных частиц, ориентированных к кромкам, т. е. находящимся в положении, соответствующем наименьшему лобовому сопротивлению. Для листовых штампованных деталей массой от 20 до 40 г маталлосъем локализуется вдоль кромок, где расположены заусенцы. Удобным критерием с точки зрения простоты контроля, непрерывности роста и чувствительности к воздействию на кромки является величина маталлосъема с контрольных образцов в единицу времени (рис. 1) [9].

Математическая статистика является обширным разделом математики, включающим в себя множество проблем, более или менее связанных между собой [10]. Приблизительно говоря, эту совокупность проблем можно характеризовать как методику выявления закономерностей

в экспериментальных данных. Некоторые новейшие разделы статистики (планирование эксперимента) включают в себя также и методику организации эксперимента. Таким образом, статистические идеи могут применяться не только после сбора экспериментальных данных, а еще на стадии организации исследований.

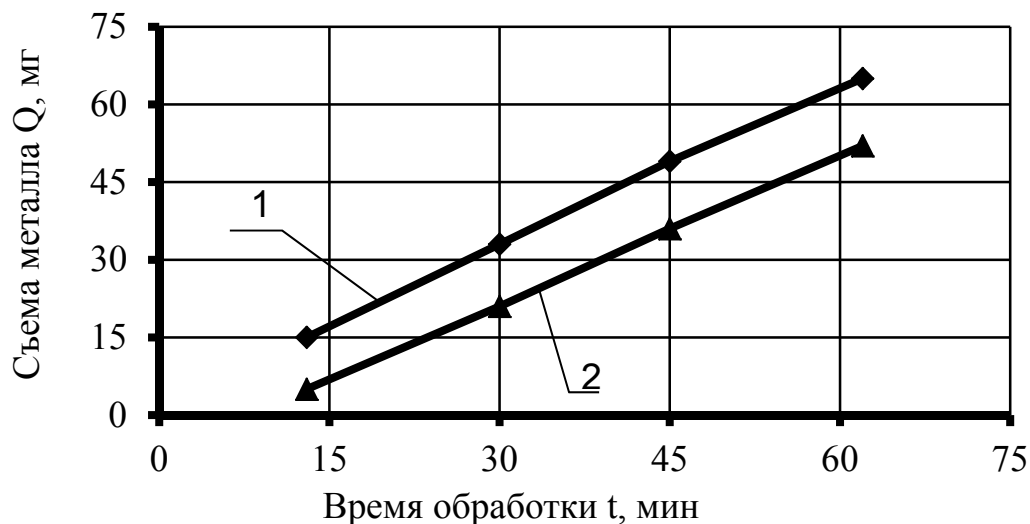


Рис. 1. Величина съема в единицу времени:  
1 – контрольные образцы до 20 г; 2 – контрольные образцы от 20 до 40 г

Считается, что закономерность правильно выявлена, если она объясняет результаты всех экспериментов, относящихся к данной области (чем больше экспериментальных фактов объясняется, тем надежнее обоснование).

Задачи математической статистики касаются вопросов обработки наблюдений над массовыми случайными явлениями, но в зависимости от характера решаемого практического вопроса и от объема имеющегося экспериментального материала эти задачи могут принимать ту или иную форму. Некоторые типичные задачи математической статистики, часто встречаемые на практике:

- задача определения закона распределения случайной величины (или системы случайных величин) по статистическим данным;
- задача проверки правдоподобия;
- задача нахождения неизвестных параметров распределения.

В соответствии с задачами статистики сбор данных осуществляется путем взвешивания различных образцов до, и после обработки на виброцентробежной установке. Группировка статистических сведений производится путем распределения обработанных деталей по группам материалов в одном случае, по конфигурации деталей и материалам в другом случае и по конфигурации в третьем случае. Группировка производится для того, чтобы обрабатывать данные было удобно для деталей с одинаковыми физико-механическими свойствами или с одинаковой формой и размерами.

Следующая задача математической статистики состоит в том, чтобы оценить достоверность полученных данных и сделать верный научный вывод.

В связи с этим, каждый опыт должен повторяться по несколько раз. Результаты отдельных измерений рассматриваются как случайные величины. Эти величины независимы и имеют одно и то же математическое ожидание (истинное значение измеряемой величины), одинаковые дисперсии (измерения равноточные) и имеют нормальный закон распределения.

Истинное значение измеряемой величины оценивается по среднеарифметической величине отдельных измерений и доверительных интервалов.

Для обработки результатов измерений использовались статистические методы с учетом случайных погрешностей, выбирая необходимое количество повторяемых измерений каждого параметра, обеспечивающих переходимую точность и достоверность измерений. Разброс полученных экспериментальных данных относительно истинного значения принимается отвечающим закону нормального распределения.

Последовательность обработки результатов экспериментов может осуществляется по следующим методикам [11]:

Определяется выборочное среднее (оценка математического ожидания) значение измеряемого параметра:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i, \quad (1)$$

где  $n$  – общее число измерений;

$x_i$  – результат  $i$ -го измерения параметра.

Вычисляется среднеквадратическая погрешность результатов измерений:

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n(n-1)} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}. \quad (2)$$

Для заданного коэффициента достоверности  $\alpha$  ( $\alpha = 0,05$ ) при числе измерений  $n$  определяются коэффициенты Стьюдента,  $t_{\alpha, n-1} \sigma$ , которые соответствуют погрешностям измерительных приборов.

Оценивается относительная погрешность результатов серии экспериментальных измерений:

$$\xi = \frac{\Delta x}{x} \cdot 100\%. \quad (3)$$

В случае, когда относительная погрешность была сравнима с погрешностью прибора, в качестве доверительного интервала принимается уточнение значения погрешности:

$$\Delta x' = t_{\alpha, n-1} \sigma^2 + (k_{\alpha} / 3)^2 \cdot \Delta_{\text{пр}}^2, \quad (4)$$

где  $k = t_{\alpha, \infty}$  – коэффициент Стьюдента при бесконечно большом числе измерений;

$\Delta_{\text{пр}}$  – абсолютная погрешность измерительного прибора.

Окончательный результат измерений параметра  $x$  представляется в виде:

$$x = \bar{x} \pm \Delta x \quad \text{или в виде} \quad x = \bar{x} \pm \Delta x'.$$

Применение вышеизложенной методики обработки результатов измерений с учетом погрешностей измерительных приборов даёт основание для определения общей относительной погрешности измерений.

Следующая методика состоит из определения однородности дисперсий, которые оцениваются с помощью критерия Кохрана:

$$G = \frac{S_{i \max}^2}{\sum S_i^2}, \quad (5)$$

где  $S_{i \max}^2$  – наибольшая дисперсия;

$S_i^2$  – выборочная дисперсия.

Нахождения средневзвешенной дисперсии:

$$S_y^2 = \frac{\sum_{i=1}^k S^2 \Pi}{n}, \quad (6)$$

где  $\sum_{i=1}^k S^2 \Pi$  – дисперсия результатов опытов на  $i$ -м сочетании уровней факторов.  
95 %-й доверительный интервал определяется с помощью критерия Стьюдента:

$$\Delta y = \pm \frac{S t}{\sqrt{n}}, \quad (7)$$

где  $t$  – критерий Стьюдента;

$n$  – количество повторов;

$S$  – среднее квадратическое отклонение случайной величины.

Результаты всех экспериментов подвергаются статистическому анализу, который заключается в проверке однородности дисперсии, определении средневзвешенной дисперсии и 95 % доверительного интервала на исследуемую величину.

Такой подход обусловлен тем, что результаты исследований содержат случайные погрешности, обусловленные погрешностью измерений, опытом исследователя, технологией подготовки к измерению.

## ВЫВОДЫ

Разработаны методики для определения производительности процесса и качества обработанных поверхностей образцов и деталей. Выявлены закономерности изменения интенсивности воздействия частиц на кромки обрабатываемой детали. Установлено, что максимальное количество следов частиц для деталей массой от 5 до 20 г приходится на кромки, а для деталей большей массы максимум несколько смещен к средней части. Нахождение абразивных зерен в месте столкновения детали с абразивной стенкой увеличивается в том случае, когда объем абразивного материала, загружаемого в рабочую камеру, – максимальный. На основании изучения статистических данных установлены закономерности, которым подчинены массовые случайные явления. Полученные экспериментальные данные, методики и закономерности позволяют повысить производительность обработки.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бабичев А. П. *Вибрационная обработка деталей* / А. П. Бабичев. – 2-е изд. перераб. и доп. – М. : Машиностроение, 1999. – 133 с. : ил.
2. Бабичев А. П. *Основы вибрационной технологии* / А. П. Бабичев, И. А. Бабичев. – Ростов-на Дону : ДГТУ, 1999. – 624 с.
3. Димов Ю. В. *Управление качеством поверхностного слоя детали при обработке абразивными гранулами* : автореф. дис. д-ра техн. наук / Ю. В. Димов. – Минск, 1999. – 35 с.
4. Кремень З. И. *Качество поверхности при обработке деталей потоком абразивных зерен* / З. И. Кремень, М. Л. Масарский, В. З. Гузель // *Станки и инструменты*. – 1999. – № 6. – С. 25–26.
5. Одинцов Л. Г. *Новые направления в развитии финишно-зачистных методов обработки*. *Обзор N 4248* / Л. Г. Одинцов, Н. И. Тимохин. – М. : ЦНИИ информации, 2004. – 66 с.
6. Сергиев А. П. *Некоторые условия оптимизации оборудования для обработки свободными абразивами* / А. П. Сергиев, В. А. Барсуков // *Передовой опыт*. – 2002. – № 2–3. – С. 40–44.
7. Сергиев А. П. *Технология виброабразивной обработки* / А. П. Сергиев // *Производственно-технический бюллетень*. – 1986. – № 4. – С. 17–20.
8. *Интенсификация вибрационной обработки* / Бабичев А. П., Санамян В. Г., Горбуно Н. Н., Волков Р. В. // *Вопросы вибрационной технологии : межвуз. сб. науч. ст.* – Ростов н/Д : ДГТУ, 1999. – С. 44–47.
9. Ермаков С. М. *Математическая теория планирования экспериментов* / С. М. Ермаков. – М. : Наука, 2004. – 390 с.
10. Куцев П. Г. *Статистические методы исследования режущего инструмента* / П. Г. Куцев. – М. : Машиностроение, 2002. – 240 с.
11. Адлер Ю. П. *Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий* / Ю. П. Адлер, Е. В. Макарова, Ю. В. Грановский. – М. : Наука, 1996. – 279 с.

Статья поступила в редакцию 25.11.2011 г.