

## ПРИМЕНЕНИЕ СОВРЕМЕННЫХ МЕТОДОВ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ СТАТИСТИКИ К ПРОЦЕССУ ВИБРОЦЕНТРОБЕЖНОЙ ОБРАБОТКИ

В статье рассмотрена разработка метода установления закономерностей рассматриваемого процесса, которому подчинены случайные явления.

Отделочная обработка деталей в свободных абразивных средах (без жесткой кинематической связи) находит все большее применение в отечественной промышленности и за рубежом. Каждый из этих методов применим для ограниченной номенклатуры деталей, поскольку либо не позволяет достичь высокой производительности, либо поверхности деталей имеют повышенную высоту микронеровностей. Для определенного типа 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 совмещению различных видов обработки. Из большого числа публикаций по этому направлению следует выделить работы Бабичева А.П., Димова Ю.В., Сергеева А.П. и других [1-10].

Основным назначением исследуемого процесса является удаление неликвидов и снижение высоты микронеровности поверхности детали [11]. Поскольку удаление неликвидов 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 металlosъема с контрольных образцов в единицу времени при заданной шероховатости [12].

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 [13]. 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. Максимальное количество следов частиц для деталей массой от 5 до 40 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 5 до 40 г металlosъем локализуется вдоль кромок, где расположены заусенцы. Удобным критерием для простоты контроля, непрерывности роста и чувствительности к воздействию на кромки является величина металlosъема с контрольных образцов в единицу времени при экспериментальных исследованиях [14, 15].

Математическая статистика является обширным разделом математики, включающим в себя множество проблем, более или менее связанных между собой [16]. Эту совокупность проблем можно характеризовать как методику выявления закономерностей в экспериментальных данных. Некоторые новейшие разделы статистики, например планирование эксперимента, включают в себя методику и организацию проведения экспериментов. Таким образом, статистические идеи могут применяться не только после сбора экспериментальных данных, а еще на стадии организации исследований.

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 различные формы. 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.

Выбрав необходимое количество повторяемых измерений каждого параметра, обеспечим требуемую точность и достоверность измерений. Разброс полученных экспериментальных данных относительно истинного значения принимается отвечающим закону нормального распределения.

Последовательность обработки результатов экспериментов может осуществляться по следующим методикам [17].

Определяется выборочное среднее (оценка математического ожидания) значение измеряемого параметра следующим образом

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

где  $n$  – общее число измерений;

$x_i$  - результат  $i$ - того измерения параметра.

Вычисляется среднеквадратичная 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,  $t_{\alpha, n-1}$ , 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 сравнима с погрешностью прибора, в качестве доверительного интервала принимается уточнение значения погрешности

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

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

$$X = x \pm \Delta\chi \quad \text{или в виде } X = x \pm \Delta\chi'$$

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 Кохрена

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

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

$S_i^2$  – выборочная дисперсия.

Нахождения средневзвешенной дисперсии

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

где  $\sum_{i=1}^k S_i^2 \cdot S^2 \Pi$  – дисперсия результатов опытов на  $i$ -том сочетании уровней факторов;

95% - ный доверительный интервал определяется с помощью критерия Стьюдента;

$$\Delta y = \pm \frac{S_t}{\sqrt{n}} \quad (7)$$

где  $t$  – критерий Стьюдента;

$n$  – количество повторов;

$S$  – среднеквадратическое отклонение случайной величины.

## ВЫВОДЫ

1. Разработаны методики для определения производительности процесса и качества обработанных поверхностей образцов и деталей.

2. Выявлены закономерности изменения интенсивности воздействия частиц на поверхность обрабатываемой детали.

3. Установлено, что максимальное количество следов частиц для деталей массой от 5 до 40 г приходится на кромки, а для деталей большей массы смещено к средней части.

4. Полученные экспериментальные данные, методики и закономерности позволяют повысить производительность обработки и снизить высоту микронеровностей поверхностей деталей.

### Перечень ссылок

1. Бабичев А.П. Вибрационная обработка деталей в абразивной среде / А.П. Бабичев. - М.: Машиностроение, 1999. - 133с.

2. Бабичев А.П. Вибрационная обработка в условиях ремонтных производств / В.Г. Санамян, Х. Халед // Высокие технологии в машиностроении: современные тенденции развития: Материалы IX междунар. научн.-техн. семинара. – Алушта; Харьков, 2000.-С. 15-16.

3. *Бабичев А.П.* Основы вибрационной технологии / *А.П. Бабичев, И.А. Бабичев* / Ростов-на-Дону.: Издательский центр ДГТУ, 1998.-624 с.
4. *Димов Ю.В.* Управление качеством поверхностного слоя детали при обработке абразивными гранулами: автореф. дис. д-ра.техн.наук:01.10.99 / *Ю.В. Димов.* – Минск, 1999.- 35 с.
5. Анализ классификации и пути развития конструктивных форм рабочих камер вибрационных станков / *А.П. Бабичев, Д.Ю. Белоусов, Р.В. Волков, Т.Н. Рысева* // Современные проблемы машиностроения и технический прогресс: тез. докл. междунар. науч.-техн.конф. – Севастополь; Донецк, 2001. -С.10.
6. *Ляликова Н.Т.* Исследования влияния некоторых факторов на процесс очистки и упрочнения деталей вибрационным методом / *Н.Т. Ляликова* // РИСХМ.- Ростов-на-Дону.- 2002.- 183с.
7. *Мартынов А.Н.* Основы метода обработки деталей свободным абразивом, уплотненным инерционными силами / *А.Н. Мартынов:*- Саратов: Издательство СГУ,- 1999.- 212с.
8. *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.
9. *Одинцов Л.Г.* Новые направления в развитии финишно-зачистных методов обработки: Обзор N4248./ *Л.Г. Одинцов Н.И. Тимохин.* - М.: ЦНИИ информации, 2004.- 66с.
10. *Сергиев А.П.* Некоторые условия оптимизации оборудования для обработки свободными абразивами / *А.П. Сергиев, В.А. Барсуков* // Передовой опыт.- 2002.- N2-3.- С.40-44.
11. *Сергиев А.П.* Технология виброабразивной обработки // Передовой опыт. производственно-технический бюллетень.- 1999.- N4. - С.60-64.
12. Исследование технологических параметров вибрационной обработки в многовитковой рабочей камере // XXVII науч.-техн. конф. ААИ “Авотракторостроение. Промышленность и высшая школа”: тез. докл., 29-30 сент. - М., 1999. - С. 8-9.
13. Интенсификация вибрационной обработки / *А.П. Бабичев, В.Г. Санамян, Н.Н. Горбунов, Р.В. Волков;* ДГТУ // Вопросы вибрационной технологии: межвуз. сб. науч. ст. – Ростов-на-Дону. 1999. - С. 44-47.
14. *Бурлаков В.И.*, Исследование влияния физико-механических свойств материала предохранительных деталей на процесс обработки // Защита металлургических машин от поломок: сб. научн. тр. Мариуполь, 2006.-Вып.3.С.80-82.
15. *Ермаков С.М.* Математическая теория планирования экспериментов / *С.М. Ермаков.* - М.: Наука.- 2004.- 390с.
16. *Куцев П.Г.* Статистические методы исследования режущего инструмента / *П.Г. Куцев.* - М.: Машиностроение, 2002.- 240с.
17. *Адлер Ю.П.* Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий / *Ю.П. Адлер, Е.В. Макарова, Ю.В. Грановский:* - М.: Наука, 1996. -279 с.

Рецензент: д.т.н., проф. С.С. Самотугин

Статья поступила 28.02.2012