

## ОЦЕНКА ТОЧНОСТИ ОБРАБОТКИ ИЗДЕЛИЙ СВЕРЛЕНИЕМ

САМСОНОВ В.А., ТУТЛИС В.П.

Кыргызский Государственный Технический университет им.И.Раззакова г.Бишкек

[izvestiva@ktu.aknet.kg](mailto:izvestiva@ktu.aknet.kg)

### Аннотация

Оценивается точность обработки спиральными сверлами по параметрам, оказывающим существенное влияние на надежность процесса. Установлено, что обработка сверлами повышенной точности оказывает меньшее влияние на технологическую наследственность, чем обработка сверлами нормальной точности.

### Введение

Проблема разработки высокопроизводительных технологий представляет собой важную задачу работы обрабатывающей промышленности.

### Цель исследования

Установление обоснованных зависимостей точности обработки сверлением.

### Методы исследования

Структурный анализ, вероятностно-статистический метод, планирование экспериментов.

### Результаты и обсуждение

Общая схема изготовления изделия приведена на рис. 1, из которой следует, что технологическая система находится под непрерывным воздействием многочисленных факторов [1].

Все эти факторы можно разделить на три группы: отклонения входных характеристик элементов изделия, поступающих в технологическую систему, факторы окружающей среды и порождаемые рабочим процессом. На выходные параметры производственной системы оказывает большое число факторов и для выявления причин, оказывающих влияние на надежность процессов, протекающих при обработке, выявлены основные (1). Построена и проанализирована причинно-следственная диаграмма надежности обработки изделий сверлением (рис.1).

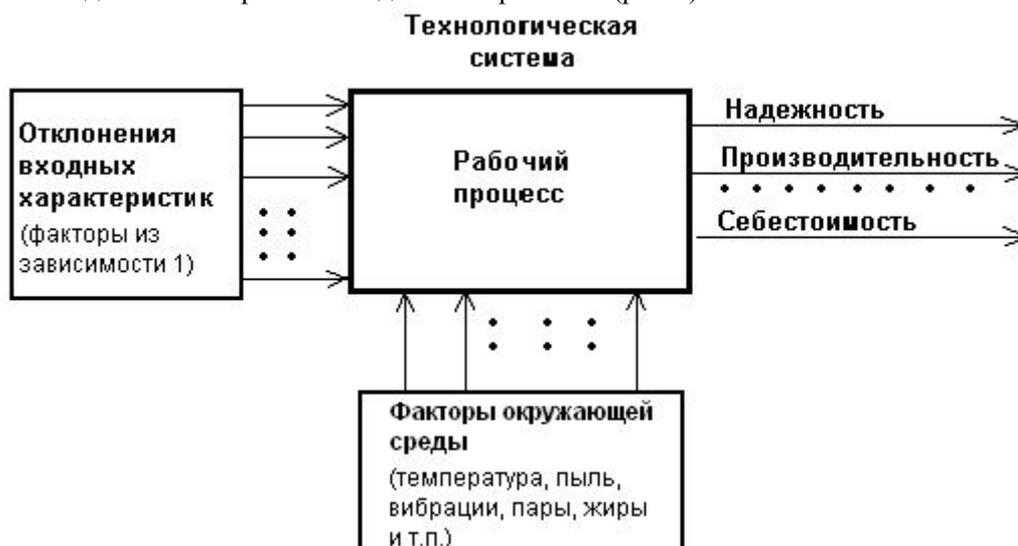


Рис. 1. Схема производственной системы

Установлено, что в процессе сверления наиболее распространенными видами погрешностей отверстий являются: разбивка, огранка, смещение и увод оси отверстия. Указанные погрешности после обработки трудно исправимы, в связи с чем, сверление должно обеспечивать гарантированную точность расположения и формы оси отверстия.

Каждая группа причин возникновения погрешности вызвана отдельными характеристиками. В развернутом виде зависимость точности обработки в зависимости от ранее установленных факторов может быть представлена как:

$$\Sigma\Delta = f(b, \alpha, \gamma, \xi, \Delta h, f, M, \Delta T, \Delta P_y, \Delta L, \varphi, \Delta_{ц}, d, \Delta_{\theta}, \Delta_p, \Delta_o, \Delta_{св}, \psi, \Pi_{пер}, \Delta_{сер}), \quad (1)$$

где  $b$  - толщины сердцевины сверла;  $\gamma$  - переднего угла;  $\xi$  - удлинение поперечной кромки;  $\Delta h$  - симметрия заточки;  $f$  - форма заточки;  $M$  - метод заточки задних поверхностей;  $\Delta T$  - точность заточки;  $\Delta P_y$  - неуровненность радиальных сил на сверле;  $\Delta L$  - разность длин режущих кромок;  $\varphi$  - угол при вершине сверла;  $\Delta_{ц}$  - центричность поперечной кромки;  $d$  - диаметр режущей части сверла;  $\Delta_{\theta}$  - температурные деформации;  $\Delta_p$  - радиальные колебания сверла;  $\Delta_o$  - биение оси сверла;  $\Delta_{св}$  - смещение вершины сверла;  $\psi$  - угла наклона поперечной кромки;  $\Pi_{пер}$  - подточка поперечной кромки;  $\Delta_{сер}$  - смещение сердцевины.

Погрешность относительной точности обработки  $\Sigma\Delta$  при известных составляющих определяются как замыкающие звенья размерной цепи по формуле:

$$\Sigma\Delta = t\sqrt{\lambda_1\Delta_1^2 + \lambda_2\Delta_2^2 + \dots + \lambda_n\Delta_n^2}.$$

Анализ результатов однофакторных экспериментов позволяет заключить, что вид математической модели, описывающей зависимость точности обработки от характеристик уравнения 1, может быть общим для исследуемых конструкций режущего инструмента. Имеющие различия в кривых точности обработки для этих элементов технологической системы является следствием несовпадения степени влияния отдельных параметров.

В качестве функции, аппроксимирующей зависимость 1, принят неполный полином второй степени:

$$T = b_0 + \sum b_i x_i + b_{1,1} x_1^2 + b_{9,9} x_9^2 + b_{1,6} x_1 x_6 + b_{1,9} x_1 x_9 + b_{4,11} x_4 x_{11} + b_{5,6} x_5 x_6 + b_{6,9} x_6 x_9 \quad (2)$$

Полином содержит все линейные эффекты всех параметров, а также эффекты парных взаимодействий между толщиной сердцевины  $b$  (фактор  $x_1$ ), методом заточки  $M$  (фактор  $x_6$ ) и неуровненностью радиальных сил на сверле  $\Delta P_y$  (фактор  $x_9$ ). Кроме того, учтены эффекты парных взаимодействий между смещением вершины сверла  $\Delta_{св}$  (фактор  $x_4$ ) и разностью длин режущих кромок  $\Delta L$  (фактор  $x_{11}$ ), а также между скоростью сборочного угла наклона поперечной кромки  $\psi$ , удлинением поперечной кромки  $\xi$  (фактор  $x_5$ ) и смещением сердцевины  $\Delta_{сер}$  (фактор  $x_9$ ). В процессе проведения однофакторных экспериментов установлено, что влияние параметров  $\Delta_{св}$  (фактор  $x_4$ ) и  $b$  (фактор  $x_1$ ) на безотказность, нелинейно, что учитывается включением в полином вторых степеней этих параметров.

В рамках данного исследования проведено планирование, постановка многофакторных экспериментов и регрессивный анализ результатов. Задавшись видом модели (1), построен и реализован план экспериментов, по результатам которых определялись коэффициенты регрессии полинома. При этом следует иметь ввиду то, что функция отклика, представленная полиномом (2) может отличаться от истинной. Для условий рекомендуется конкретный класс планов, позволяющий минимизировать расхождение между моделью и истинной функцией отклика. С учетом этих рекомендаций принят ортогональный план первого порядка, состоящий из прямой и обратной матриц Адамара.

Ортогональный план содержит достаточно информации для определения коэффициентов регрессии при линейных членах полинома (2). Для более точной оценки коэффициентов регрессии при квадратах и парных произведениях план был дополнен опытами в центре факторного пространства и опытами, в которых варьировались только факторы, входящие в парные произведения. Таким образом, принятый экспериментальный план предусматривает постановку 66 опытов (по 33 эксперимента для каждого типа сверла – нормальной и повышенной точности [2]).

Уровни варьирования факторов назначены по результатам однофакторных экспериментов с учетом конструктивных и технологических ограничений. Для обеих исследованных конструкций сверл уровни варьирования факторов установлены одинаковыми.

Обработка данных выполнялась на ПК – IBM- PENTIUM по программе, содержащей блок вычисления коэффициентов регрессии полинома; блок проверки гипотезы адекватности математических моделей по критерию Фишера; блок последовательной оценки значимости эффектов при 2 %, а затем при 5 % уровне значимости и блок повторной проверки адекватности после отсеивания незначимых эффектов.

Модели, полученные после отсеивания незначимых эффектов при 2%-м уровне значимости, используются в дальнейшем для определения оптимальных значений параметров процесса. Отсеивание эффектов при 5%-м уровне значимости позволяют получить упрощенные модели, удобные при ориентировочных расчетах безотказности без применения ЭВМ.

После математической обработки на ПК IBM-PC результатов экспериментов и отсеивания незначимых эффектов при 2%-м уровне значимости наработки на отказ от параметров процесса:

1) при обработке сверлами нормальной точности

$$T=276,4-30,6X_1-5,8X_2+2,8X_3-100,3X_4-17,5X_5-62,2X_6+2,5X_7+58,3X_8+117,8X_9-30,0X_{10}+57,5X_{11}-2,1X_1^2+135,1X_9^2-19,2X_4X_{11}-49,0X_6X_9 \quad (3)$$

При 2%-м уровне значимости незначимыми оказались эффекты парных взаимодействий факторов  $X_1$  (толщины сердцевины) и  $X_6$  (метод заточки), а также факторов  $X_6$  и  $X_9$  (неуравновешенность радиальных сил на сверле).

2) при обработке сверлами повышенной точности

$$T=164,5-23,6X_1-5,4X_2+9,1X_3-61,5X_4-12,2X_5-150,7X_6+9,6X_7+38,7X_8-16,3X_9-6,1X_{10}+46,8X_{11}-26,9X_1^2+83,4X_9^2-30,7X_4X_{11}-12,1X_1X_9+18,0X_5X_6 \quad (4)$$

Эффекты парных взаимодействий фактора  $X_1$  с факторами  $X_6$  и  $X_9$ , а также фактора  $X_5$  с фактором  $X_6$ , оказались незначимыми при 2%-м уровне значимости.

В моделях (3) и (4) значения коэффициентов регрессии записаны с учетом кодирования параметров, что удобно при оценке значимости эффектов и оценке адекватности моделей.

Проверка значимости коэффициентов регрессии моделей (3) и (4) проводилась с помощью t- критерия Стьюдента.

Проверка адекватности моделей (3) и (4) производилась с помощью F- критерия Фишера. Гипотеза адекватности моделей (3) и (4) не противоречит опытным данным при 5% и 10%-м уровнях значимости. Данные модели записаны в натуральных переменных и могут быть использованы при ориентировочной оценке надежности процесса.

### Выводы

1. Данные исследования необходимы для обоснования конструкции сверла повышенной точности (Сверла спиральные. Технические условия. ГОСТ2034-2002) и уточнения необходимых и достаточных технических требований к изготовлению инструмента.

2. Полученные эмпирические зависимости (3 и 4) позволяют с достаточной точностью оценить погрешность обработки сверлением инструментом нормальной и повышенной точности.

### Литература

1. Базров Б.М. Расчет точности машин на ЭВМ.-М.: Машиностроение, 1984
2. Федотов Н.И., Самсонов В. А., Даниленко Б.Д. Изготовление спиральных сверл повышенной точности. Передовой научно-технический и производственный опыт. ГОСИНТИ, 1968, № 1-68-1143/267