

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ПОГРЕШНОСТЕЙ ЗУБОДОЛБЕЖНОГО СТАНКА НА ТОЧНОСТЬ НАРЕЗАЕМЫХ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС

Хусаинов Р.М., Хазиев Р.Р.

Набережночелнинский институт ФГАОУ ВПО Казанский (Приволжский) федеральный университет,

423810, г. Набережные Челны, пр. Мира, д.68/19.

e-mail: rmh@inbox.ru, khazus@rambler.ru

поступила в редакцию 26 ноября 2013 года

Аннотация

В статье рассматриваются вопросы математического моделирования влияния погрешностей технологической системы зубодолбежного станка на показатели кинематической точности нарезаемого колеса.

Ключевые слова: *зубодолбежный станок, математическая модель, кинематическая точность зубчатого колеса, выходная погрешность, линия зацепления.*

Введение. Повышение качества работы и надежности механизмов обуславливает ужесточение требований к качеству зубчатых передач. Зубчатое колесо имеет сложную геометрию и систему показателей качества, которые затрудняют предварительную оценку точности изготовления. Одним из наиболее эффективных инструментов контроля этих показателей является статистический анализ технологического процесса [1]. Чаще всего статистический анализ выполняется на реально действующем производстве на основании контроля реально изготавливаемых деталей. Однако при запуске производства нового изделия бывает затруднительно сделать вывод о возможностях действующего производства по его изготовлению.

Обеспечение стабильности технологического процесса и поддержание требуемой точности зубчатых колес при изготовлении требует знания механизма влияния погрешностей технологической системы на показатели точности нарезаемого колеса [2]. Это определяет необходимостью располагать средствами моделирования погрешностей технологической системы, причем во взаимосвязи с показателями качества производимого изделия.

Основная часть. Для оценки показателей точности нарезаемых колес удобно использовать математическую модель, использующую аппарат преобразования координат [3]. Первоначально моделируется образование идеальной геометрической поверхности заготовки без учета действия погрешностей.

В этой модели каждый подвижный узел станка моделируется матрицей, учитывающей движение по данной координате. Производство этих матриц от инструмента до заготовки дает уравнение идеальной геометрической поверхности. При этом элементы технологической системы представляются как совокупность твердых тел, каждое из которых может быть заменено системой координат, расположенных в той последовательности, в которой расположены эти элементы в направлении от заготовки к инструменту. В итоге формируется матричное уравнение, описывающее движение инструмента в системе координат заготовки (рисунок 1).

Погрешности обработки формируются в результате избыточных перемещений исполнительных органов станка, которые возникают под действием целого ряда возмущающих факторов в технологической системе. Погрешности каждого элемента технологической системы можно представить в виде малого смещения элемента как твердого тела вместе со своей координатной системой. Это малое смещение (вариация) передается через всю технологическую систему на заготовку (обрабатываемую поверхность), формируя избыточные перемещения.

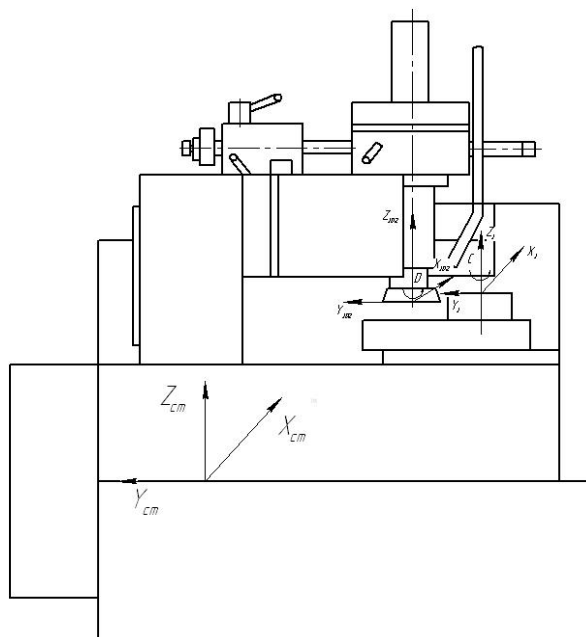


Рисунок 1. – Координатные системы зубодолбежного станка.

Математически избыточные перемещения описываются вектором погрешностей реальной поверхности $\delta r(C)$. В данном случае вектор будет состоять из трех элементов по осям координат, и являться функцией угла поворота стола с заготовкой C :

$$\delta r(C) = \begin{pmatrix} \delta x(C) \\ \delta y(C) \\ \delta z(C) \end{pmatrix} \quad (1).$$

Для определения показателей точности нарезаемого зубчатого колеса необходимо проанализировать условия переноса выходной погрешности технологической системы зубодолбежного станка на профиль изделия. Выходная погрешность технологической системы при моделировании данным способом представляет собой отклонение положения режущей кромки инструмента, отсчитанное в системе координат заготовки, относительно идеального положения заготовки.

Обычно при зубодолблении система отсчета ошибок базируется на рассмотрении движения точного зубчатого колеса, зацепляющегося с нарезаемым колесом [4]. Образование погрешности следует рассматривать по линии действия механизма. В данном случае линией действия является линия станочного зацепления (рисунок 2).

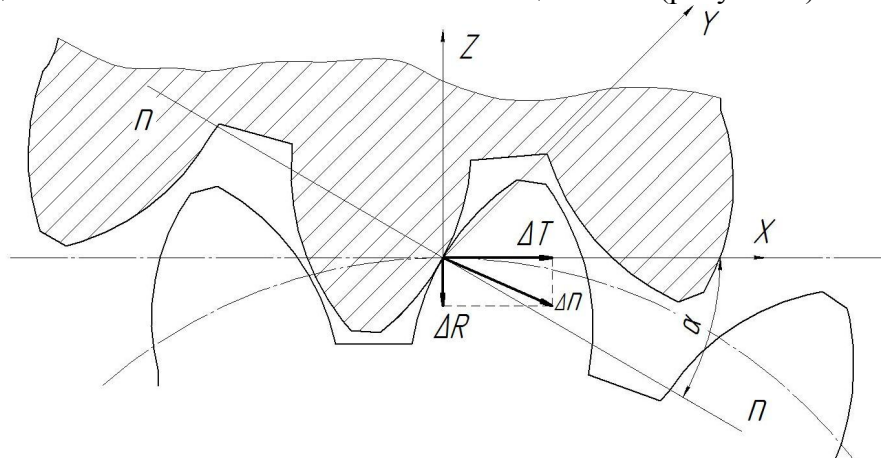


Рисунок 2. – Линия станочного зацепления.

Составляющие вектора погрешности приводятся к линии зацепления, т.е. проецируются на нее, и проекции суммируются:

$$\Delta n_x(C) = \delta x(C) \cdot \sin(\alpha) \quad (2),$$

$$\Delta n_y(C) = \delta y(C) \cdot \cos(\alpha) \quad (3),$$

где $\alpha = 20^\circ$ – угол зацепления.

$$\Delta n(C) = \Delta n_x(C) + \Delta n_y(C) \quad (4).$$

Полученная величина характеризует неточности положения долбяка относительно боковых поверхностей зубьев и может быть пересчитана в показатели точности нарезаемого колеса.

Первым этапом перехода от суммарной погрешности $\Delta n(C)$ по линии зацепления к показателям точности изготавливаемого колеса является разложение $\Delta n(C)$ на радиальную $\Delta R(C)$ и тангенциальную $\Delta T(C)$ составляющие.

Радиальная составляющая представляется как проекция на ось X суммарной погрешности $\Delta n(C)$ по линии зацепления:

$$\Delta R(C) = \Delta n(C) \cdot \sin(\alpha) \quad (5).$$

Тангенциальная составляющая рассматривается как проекция суммарной погрешности $\Delta n(C)$ по линии зацепления на ось Y и записывается в следующем виде:

$$\Delta T(C) = \Delta n(C) \cdot \cos(\alpha) \quad (6).$$

И тангенциальная и радиальная составляющие являются суммой множества гармоник. Для сопоставления погрешностей технологической системы стандартным показателям кинематической точности необходимо исследовать основные гармоники функций $\Delta R(C)$ и $\Delta T(C)$, то есть изменение этих составляющих за один оборот заготовки.

Радиальное биение зубчатого венца изготовленной детали F_{rr} определяется по изменению радиальной составляющей $\Delta R(C)$ на промежутке от 0 до 2π , то есть как разность между максимальным и минимальным значениями функции $\Delta R(C)$ на этом промежутке.

$$F_{rr} = \max_{0 \leq C \leq 2\pi} \Delta R(C) - \min_{0 \leq C \leq 2\pi} \Delta R(C) \quad (7)$$

График изменения радиального биения, построенный согласно предлагаемой модели в системе Mathcad 14, представлен на рисунке 3:

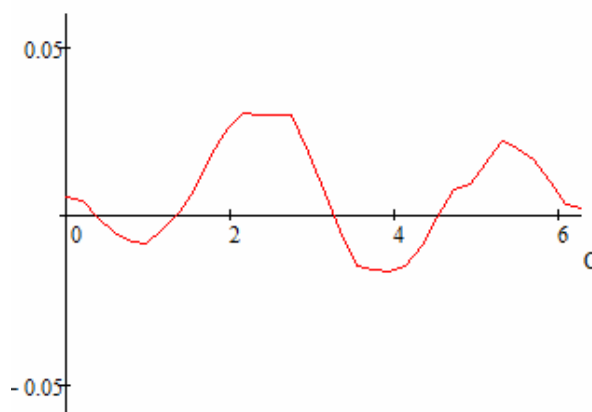


Рисунок 3. – График радиального биения зубчатого венца.

Аналогично, значение наибольшей кинематической погрешности F_r' определяется как разность максимального и минимального значений тангенциальной составляющей $\Delta T(C)$ на промежутке от 0 до 2π .

$$F_r' = \max_{0 \leq C \leq 2\pi} \Delta T(C) - \min_{0 \leq C \leq 2\pi} \Delta T(C) \quad (8)$$

График изменения кинематической погрешности F_r' , построенный согласно предлагаемой модели в системе Mathcad 14, представлен на рисунке 4.

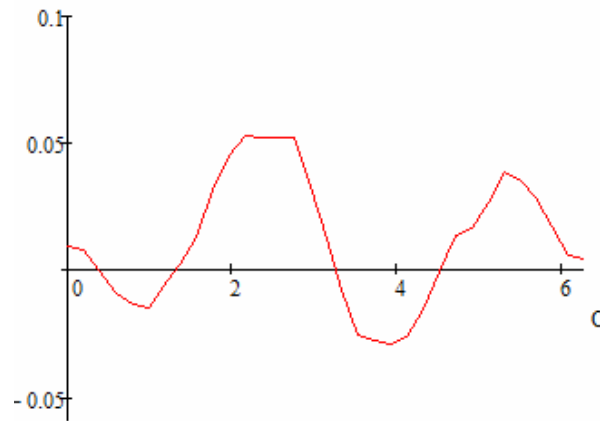


Рисунок 4. – График кинематической погрешности зубчатого колеса.

Заключение. Предлагаемая методика прогнозирования точности и стабильности технологического процесса дает возможность:

- подобрать необходимые средства технологического оснащения с параметрами, обеспечивающими необходимый уровень точности и стабильности процесса;
- определить влияние различных факторов технологической системы на точность и стабильность технологического процесса в разных временных интервалах;
- разработать стратегию организации техобслуживания и ремонта технологической системы, с тем, чтобы обеспечить стабильность технологического процесса в среднесрочном плане.

Список литературы

- 1) Интернет-ресурс: StatSoft, Inc. Электронный учебник по статистике. Москва, StatSoft. 2012. <http://www.statsoft.ru/home/textbook/default.htm>.
- 2) ГОСТ Р 50-601-20-91. Рекомендации по оценке точности и стабильности технологических процессов (оборудования). М. 1991. 45 с.
- 3) Решетов Д.Н., Портман В.Т. Точность металлорежущих станков. М.: Машиностроение. 1986. 336 с.
- 4) Тайц Б.А. Точность и контроль зубчатых колес. М.: Машиностроение. 1972. 368 с.