

МОДЕЛЬ ШЕРОХОВАТОСТИ ПОВЕРХНОСТИ НА ОСНОВЕ ОТОБРАЖЕНИЯ ЭНО

В процессе обработки заготовок с помощью металлорежущих станков на поверхности появляется шероховатость – ряд чередующихся выступов и впадин сравнительно малых размеров. Шероховатость может быть следом от реза, может появляться вследствие вибраций, возникающих при резании, а также из-за вынужденных вибраций самого станка. Шероховатость поверхности является одной из основных геометрических характеристик качества поверхности деталей и оказывает влияние на эксплуатационные показатели машины. Поэтому характеристики шероховатости поверхности должны анализироваться в технологических исследованиях и строго контролироваться в процессе производства. В качестве критерия оценки шероховатости используется параметр R_a (мкм), характеризующий среднюю высоту неровностей профиля.

Шероховатость поверхности при обработке заготовки детали зависит от большого числа технологических факторов, например, скорости резания, качества поверхности инструмента, механических свойств и химического состава материала заготовки. Учесть их влияние на качество обработанной поверхности достаточно сложно. Микрогеометрия поверхности является фрактальной и образуется в результате действия совокупности процессов, характеризующих динамическую систему [1,2]. Однако обоснованное назначение параметра R_a – важное условие повышения надежности и долговечности машин и механизмов. При изготовлении и восстановлении деталей подвижных соединений следует стремиться к получению шероховатости, близкой к оптимальному значению [3,4]. Поэтому актуальной является разработка моделей шероховатости. Без модели шероховатости, адекватно отражающей реальные процессы формирования поверхностного рельефа, трудно с удовлетворительным качеством изготовить деталь с требуемым параметром шероховатости поверхности.

Перспективным направлением для моделирования шероховатости является использование нелинейной динамики, т.к. методы данной науки позволяют выявить фрактальные свойства объектов. Статистические модели шероховатости не учитывают ее структурных свойств.

Цель данной статьи – повышение качества изготовления деталей на станке с ЧПУ за счет использования модели шероховатости поверхности. Задачей работы является построение модели шероховатости на основе отображения Эно. Таким образом, предполагается, что текущее значение шероховатости является результатом действия нелинейной динамической системы, которая описывается отображением Эно.

Предлагаемая в статье модель может использоваться в процессе получения требуемой шероховатости поверхности ($R_a=0,2$ мкм) путем резания лезвийным инструментом конической поверхности детали. Высокие требования к шероховатости внутренней конической поверхности детали приводят к необходимости притирки после токарной обработки. Такой способ ручной доводки трудоемкий и дает большой процент брака. Чтобы исключить доводочные операции применяется фрезерный станок с ЧПУ MDV 50811 [5]. Программа обработки детали для обеспечения требуемой шероховатости поверхности должна реализовать генератор отображения Эно.

При моделировании шероховатости предлагается использовать отображение Эно [6]: $X_{i+1} = 1 + Y_i - aX_i^2$; $Y_{i+1} = bX_i$, где Y_i – параметр шероховатости R_a (мкм) в i -й момент времени, $X_0 = Y_0 = 0,2$ – заданное первоначальное значение параметра шероховатости, коэффициент $b=0,2$ – требуемое значение параметра шероховатости. Таким образом, при изготовлении требуется, чтобы первоначальное значение параметра шероховатости практически не изменялось. Коэффициент a является управляющим параметром модели.

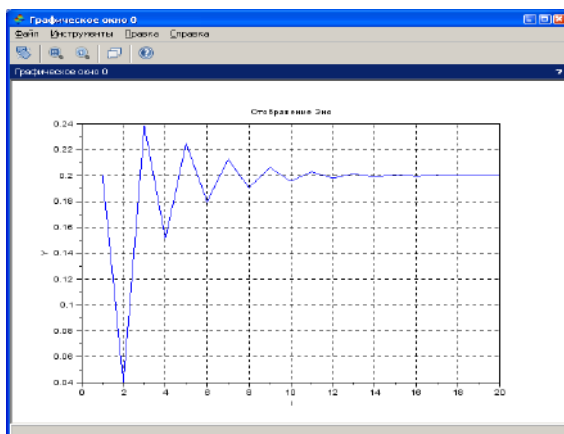


Рис. 1 Моделирование шероховатости

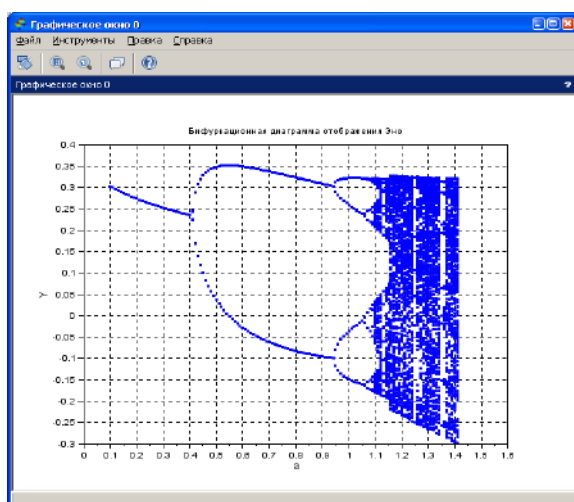


Рис. 2 Бифуркационная диаграмма

Модель нужно настроить, назначив значение a таким образом, чтобы минимизировать отклонение величины Y_i от первоначального значения Y_0 . Результат моделирования показан на рисунке 1. Управляющий параметр $a=0,2$. После завершения переходного процесса ряд Y_i сходится к оптимальному значению параметра шероховатости.

Влияние управляющего параметра a на поведение предлагаемой модели показано на рисунке 2. Изучается динамика ряда X_i в зависимости от параметра a при $b=0,2$. Такой анализ позволяет настроить модель (подобрать значение a , необходимое для моделирования исходного процесса). В диапазоне $0,1 \leq a < 0,4$ после начального всплеска ряд устанавливается на одной устойчивой величине. В случае $0,4 \leq a < 0,95$ ряд осциллирует между двумя величинами. Такой переход от одного к двум потенциальным решениям называется бифуркацией. При $a=0,95$ ряд вновь теряет устойчивость и появляется четыре возможных решения. При дальнейшем

увеличении a ряд будет вновь и вновь терять устойчивость. Критические величины a

возникают все чаще и чаще и располагаются все ближе друг к другу. При $a=1,05$ имеется восемь решений, при $a=1,1$ – шестнадцать, при $a=1,2$ – тридцать два, при $a=1,3$ – шестьдесят четыре решения. При $a=1,4$ ряд полностью теряет устойчивость. Число решений бесконечно.

В статье предложена модель шероховатости поверхности на основе отображения Эно. Она может использоваться в процессе изготовления на станке с ЧПУ деталей с требуемой шероховатостью поверхности. Выполнен вычислительный эксперимент в среде Scilab для исследования влияния управляющего параметра a на динамику модели. Показано, что в диапазоне $0,1 \leq a < 0,4$ обеспечивается устойчивый режим получения требуемой шероховатости поверхности.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Д.В. Бельков. Методы определения фрактальной размерности рельефа обработанной поверхности. Международный сборник научных трудов «Прогрессивные технологии и системы машиностроения». Вып. 37. Донецк: ДонНТУ, 2009 г. – С. 14-19.
2. П.М. Огар, Д. Б. Горохов. Контактное шероховатых поверхностей: фрактальный подход. Братск: БрГУ, 2007 г. – 171 с.
3. С.А. Зайцев, А.Н. Толстов, А.Д. Куранов. Нормирование точности. М.: Издательский центр «Академия», 2004 г. –256 с.
4. Металлорежущие станки. Под ред. Бушуева В.В. Том 1. М.: Машиностроение, 2011 г. – 608 с.
5. Ф.С. Сабиров. Производительность и точность в рабочем пространстве станков. М.: ФГБОУ ВПО МГТУ «СТАНКИН», 2012 г. – 175 с.
6. С.П. Кузнецов. Динамический хаос. М.: Физматлит, 2001 г. –295 с.