

ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ТОЧНОСТИ ПРИ ОБРАБОТКЕ НА СТАНКАХ С ЧПУ

Кузнецов А.С.¹, Дроздов А.А.¹

¹Пермский национальный исследовательский политехнический университет, Пермь, Россия, 614990, г. Пермь, Комсомольский пр., 29, antonkouz@mail.ru

Токарная обработка занимает главное место в механообработке, используется как при черновой, так и при высокоточной обработке. На сегодняшний день нет методики прогнозирования стойкости инструмента, в зависимости от переменного припуска заготовки. В работе рассмотрен характер колебания нагрузки на управляемые оси токарного оборудования, качество поверхностного слоя обрабатываемой заготовки. Задачей исследования является получение рекомендаций для корректировки процесса резания, что позволяет полностью характеризовать стационарный и переходный процессы в условиях переменного резания. Эти показатели напрямую связаны с характеристиками точности обработки поверхностей на использованном оборудовании. Предложена математическая модель на основе спектральной плотности и корреляционной функции данного процесса характеризует протекающие в технологической системе изменения и, как следствие, выявляет влияние параметров профиля на изменение нагрузки на приводах станка и получение выходных характеристик обрабатываемой поверхности.

Ключевые слова: токарная обработка, технологическое обеспечение точности, математическое моделирование процесса обработки.

TECHNOLOGICAL SUPPORT ACCURACY MACHINING ON CNC MACHINES

Kuznetsov A.S.¹, Drozdov A.A.¹

¹Perm national research polytechnic university, Russia, Perm, 614990, Komsomolsky Av. 29, antonkouz@mail.ru

Turning take a commanding position in the machining, is used as for roughing and high-precision machining. Today there is no tool life method for forecasting, depending on the variable allowance workpiece. In work considers the nature of load fluctuations on controlled axes turning machines, the quality of the surface layer of the workpiece. The objective of the study is to provide recommendations to adjust the cutting process, which allows to characterized stationary and transient processes in a variable cutting. These parameters are directly related to the characteristics of precision machining of surfaces on the used equipment. A mathematical model based on the spectral density of the correlation function of the process is characterized by taking place in the technological system changes and, as a result, identifies the impact of the profile settings to change the load on the drive machine and obtaining the output characteristics of the treated surface.

Keywords: turning, technology ensuring the accuracy, mathematical modeling machining process.

В современном машиностроении широко применяется и постоянно совершенствуется оборудование с ЧПУ. Внедрение такого оборудования предполагает решение ряда сопутствующих задач: обучение персонала, совершенствование технологии изготовления, применение систем быстрой переналадки и т.д. Одним из важных критериев является стойкость инструмента. Для прогнозирования стойкости требуется строгое соблюдение рекомендаций режимов резания, которые предлагают производители инструментов. На данный момент не существует рекомендаций для увеличения жизненного цикла инструмента в условиях переменного резания.

Все инструменты, в зависимости от совершения движения резания и подачи (одновременно или в разное время) делятся на группы [1]:

1. Инструмент с простым движением, при котором движение резания и движение подачи выполняются раздельно.
2. Инструмент со сложным движением, при котором движение резания и движение подачи происходят одновременно.

К резанию в условиях постоянного контакта с материалом относятся точение, сверление, зенкерование, развертывание, протягивание и т.д. С помощью такого типа обработки изготавливается наибольшее количество деталей цилиндрической формы. Данный вид механической обработки является наиболее распространенным не вызывает существенных проблем. С другой стороны, выступает ряд изделий, предполагающий прерывистую обработку с переменной нагрузкой, например: фрезерования, шлицефрезерование, зубофрезерование, эксцентричное точение, точение в условиях переменной величины припуска и др. Отличительной чертой такой обработки является резание с переменной величиной нагрузки в сечении срезаемого слоя, при этом другие характеристики процесса резания испытывают постоянное изменение от минимального до наибольшего значения. Колебания нагрузки при изменении силы резания приводят к появлению вибраций, увеличению шероховатости поверхностного слоя и уменьшению точности размеров, усиленному износу режущей поверхности инструмента. Такого рода факторы, в свою очередь, вызывают снижение стойкости инструмента, появление зазоров и люфтов в технологической системе. В ряде случаев процесс прерывистой обработки с переменной нагрузкой имеет ряд преимуществ, особенно при получении большого количества разнообразных по профилю поверхностей, а также сложных объемных поверхностей, механическая обработка которых представляет трудности в современном машиностроении. В данном случае поверхность инструмента, вращаясь со скоростью резания, находится в контакте с материалом малый период времени, при этом снижается температурное воздействие на режущую кромку инструмента, повышается теплоотвод.

Методы исследования

В работе исследованы показатели процесса для условий постоянного резания с переменной величиной снимаемого слоя, а именно, качество поверхностного слоя обрабатываемой заготовки, характер колебания нагрузки на управляемые оси используемого оборудования. Данные показатели определяют характер протекания процесса резания, величину пластической деформации обрабатываемой поверхности материала, и качественные величины процесса резания.

Существует ряд факторов, таких как: неоднородность структуры материала, внутренние напряжения, коробление – которые оказывают влияние на неравномерность распределения припуска на формируемых поверхностях. Неравномерный припуск приводит к снижению стойкости инструмента (и как следствие производительности) и к отклонению

формы изделий. Способ получения заготовки, её размеры, материал, геометрическая форма согласно ГОСТ 7062-90 [3] может учитывать величину неравномерности профиля и принимать следующие значения:

1. для гладких поволоков круглого и прямоугольного сечения, а также круглого сечения с уступами длиной до 1000 мм и диаметром до 140 мм колебания припуска (неравномерность) составит 4 мм;
2. диаметром от 140 мм до 200 мм – 5 мм;
3. диаметром от 200 мм до 280 мм – 6 мм.

Наибольшее распространение в современном машиностроении получили изделия типа «тело вращения», поэтому остановимся на рассмотрении данной группы. В зависимости от назначения для обработки таких деталей используют различные виды оборудования, обрабатывающие центры и автоматические линии. Токарная обработка занимает главное место в механообработке, используется при черновой (14 квалитет) и при высокоточной (5-6 квалитет) обработке.

Задачей исследования является получение рекомендаций для корректировки процесса резания, что позволяет полностью характеризовать стационарный и переходный процессы в условиях переменного резания. Эти показатели напрямую связаны с характеристиками точности обработки поверхностей на использованном оборудовании.

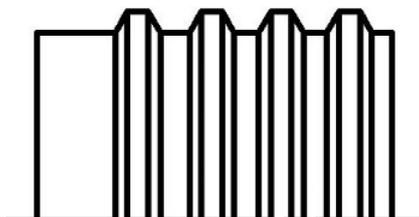


Рис. 1. Профиль обрабатываемой заготовки

В качестве объекта исследования используется моделирование динамики станка в условиях переменного резания при стационарных и переходных процессах резания.

В работе исследовано влияние величины припуска на изменение нагрузок на приводе станка. Получены зависимости для оценки величины отклонения формы обрабатываемой детали.

В качестве эксперимента производилась токарная обработка цилиндрической заготовки переменного профиля, имеющей равномерные предварительно подготовленные трапецеидальные выступы. Материал заготовки – сталь 40Х. Применялось токарное оборудование фирмы Okuma Multus B200. Мощность шпинделя 22/15 кВт, частота вращения до 5000 об/мин. В качестве инструмента использовался резец и пластина фирмы Sandvik Coromant. Оправка DCLNR 2525M 12, режущая пластина CNMG 120408 PM 4225. Режимы резания были подобраны по каталогу.

Результаты исследования

Во время точения профиля можно наблюдать изменения мощности с помощью монитора нагрузки встроенного в оборудование по вращению шпинделя (ось S):

- во время точения прямого участка 12-15%,
 - при точении участка переменного профиля нагрузка возрастала 42-44%;
- также наблюдалось изменение значения нагрузки вдоль оси детали (ось Z):
- во время точения прямого участка 10%,
 - при точении участка переменного профиля нагрузка возрастала до 15%.

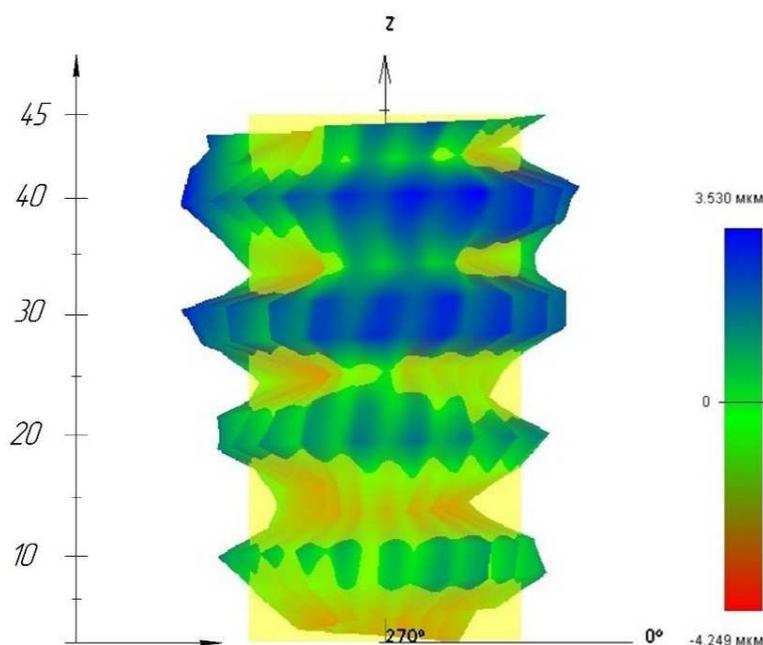


Рис.2 . Объемная модель облака точек

Вследствие неравномерности снимаемого профиля была получена стружка, имеющая переменную величину. По данным образцам можно сделать вывод о величине усадки.

После проведения эксперимента шероховатость поверхности заготовки была измерена на кругломере Mahr MMQ400. Полученная объемная модель облака точек переменного профиля (рисунок 2), имеющая выступы и впадины. Точки наибольших отклонений по осям X и Y приведены в таблице 1. По величине изменения профиля можно сделать вывод о изменении жесткости системы. По мере приближения к патрону с кулачками величина разброса точек уменьшается.

Таблица 1

Точки переменного профиля (X, Y– точки в двухмерном пространстве, Z – высота профиля)

X, мм	Y, мм	Z, мм
24.274036	0.410144	104.038817

-0.028808	24.273005	104.778392
-24.269724	-0.066927	105.525704
0.105073	-24.275027	106.269870
24.278331	-0.066527	107.010762
0.028385	24.273367	107.758742
-24.272152	-0.009743	108.505335
0.047881	-24.277650	109.249464
24.280177	0.086025	109.994653
0.085585	24.275474	110.738413
-24.273909	0.047450	111.485165

В качестве результата исследования используется не действительная, а комплексная форма записи, как спектральное расположение случайной функции, так и её характеристики: спектральная плотность и корреляционная функция. Линейные операции над функциями, принимающие вид дифференциальных, интегральных и др. колебаний, осуществляются проще, когда такие колебания записаны в виде комплексной формы, в качестве показательной функции. Комплексная форма корреляционной функции и спектральная плотность применяется также, когда сама случайная функция (а, следовательно, и её корреляционная функция и спектральная плотность) действительна.

На примере спектрального разложения случайной функции [2] можно перейти от действительной формы к комплексной.

Приведем пример спектрального разложения случайной функции X^0 , на участке $(0, T)$:

$$X^0(t) = \sum_{k=0}^{\infty} (U_k \cos \omega_k t + V_k \sin \omega_k t) \quad (1)$$

где U_k, V_k – некоррелированные случаи величины, причем для каждой пары U_k, V_k с одинаковыми индексами дисперсии равны:

$$D[U_k] = D[V_k] = D_k \quad (2)$$

Выводы

Из анализа установлено, что при токарной обработке переменного профиля возникают значительные по величине переменные нагрузки. Математическая модель на основе спектральной плотности и корреляционной функции данного процесса характеризует протекающие в технологической системе изменения и, как следствие, выявляет влияние параметров профиля на изменение нагрузки на приводах станка и получение выходных характеристик обрабатываемой поверхности. Использование полученной математической

модели может найти применение в черновой и чистовой токарной обработке различных групп изделий цилиндрических с элементами переменного профиля и конических поверхностей.

Список литературы

1. Бобров В.Ф. Основы теории резания металлов. – М.: Машиностроение, 1975 – 344 с.
2. Вентцель Е.С. Теория вероятностей. – М.: Наука, 1969. — 576 с.
3. ГОСТ 7062-90. Поковки из углеродистой и легированной стали, изготавливаемые ковкой на прессах, припуски и допуски.
4. Новоселов Ю.А. Вестник Гомельского государственного технического университета им. П.О. Сухого. - № 1 (24) – 2006.
5. Старков В.К. «Обработка резанием. Управление стабильностью и качеством в автоматизированном производстве». – М.: Маш-ние, 1989. – 296 с.

Рецензенты:

Иванов В.А., д.т.н., проф., зав. каф. МСИ, МТФ ПНИПУ, г. Пермь;

Сиротенко Л.Д., д.т.н., проф., каф. МТ и КМ, ПНИПУ, г. Пермь.