О. И. Драчев¹, А. Н. Кравцов²

ДВУХРЕЗЦОВОЕ ТОЧЕНИЕ ТЕЛ ВРАЩЕНИЯ

¹Тольяттинский государственный университет, Тольятти, Россия

²Научно-производственный кооператив «ОНИКС», Ирбит, Россия

E-mail: doi05@mail.ru¹; npk-oniks@yandex.ru²

Рассмотрена технология двухрезцового чернового и чистового точения тел вращения применительно к токарным станкам. Показана динамика формирования рабочих поверхностей детали путем продольных колебаний резцов с фазовым запаздыванием чистового резца относительно чернового. Рассмотрена динамика чистового резца в функции коэффициента демпфирования. Приведена математическая модель процесса двухрезцового точения.

Ключевые слова: технология, точение, качество поверхность, точность, динамическая модель.

O. I. Drachev¹, A. N. Kravtsov²

TWO CUTTING TURNING OF BODIES OF REVOLUTION

¹Togliatti State University (Russia)

²Research and Production Company “ONIKS”, Irbit (Russia)

The technology of two-cut rough and rough turning of rotation bodies in relation to lathes is considered. Dynamics of part working surfaces formation by longitudinal oscillations of cutters with phase delay of finishing cutter from rough one is shown. Dynamics of finishing cutter in function of damping coefficient is considered. The mathematical model of two-cut turning process is given.

Keywords: technology, turning, surface quality, accuracy, dynamic model.

Точность механической обработки тел вращения зависит от многих факторов, важнейшим из которых является упругая деформация ТОС при статических и динамических воздействиях [1, 2]. При высоком уровне развития производства одной из основных задач науки становится изыскание резервов для дальнейшего увеличе-

ния показателей качества и производительности механической обработки. Одним из этих путей является метод, основанный на обработке осесимметричных деталей двумя резцами [1]. Создание станков повышенной точности не решает задачу обработки тел вращения, так как в этом случае точность и качество обрабаты-

мой поверхности детали определяется динамикой процесса резания. Одним из эффективных методов позволяющих решить задачу, связанную с обработкой тел вращения, является встройка в ТОС двух резцового метода точения. Он основан на работе двух резцов – черного и чистового последовательно установленных по продольной оси детали, причем чистовой резец колеблется с отставанием по фазе, что позволяет уменьшить шероховатость обрабатываемой поверхности. Введение извне в зону резания колебания резца требует дополнительной энергии и разработки привода с системой управления [2]. В работе предлагается устройство для точения наружных поверхностей тел вращения, содержащее державку с двумя резцами – черновым и чистовым. Черновой и чистовой резцы установлены на два диаметральных размера. Обе державки резца оснащены упругими элементами, а между ними в осевом направлении детали установлены балка с упругим элементом и гидравлический демпфер. Параллельно перемычке установлен гидравлический демпфер, обеспечивающий сдвиг колебаний по фазе чистового резца относительно черного. Чистовой резец настроен на припуск, равный величине выступов шероховатости от черного резца с учетом отжима от сил резания в пределах допуска заданного чертежом.

Таким образом, при помощи двухрезцового точения, можно достичь следующих результатов: увеличения надежности работы инструмента за счет стабилизации его высокочастотных колебаний, повышения точности. А также качества обработки путем снижения шероховатости и уменьшения энергоемкости процесса чистового точения за счет использования энергии разрушения металла на черновом точении и высокочастотных колебаний чистового резца равной частоте ламелизации стружки.

Оснащение резцов упругими элементами позволяет колебаться в заданных пределах в функции сил резания и использовать в качестве источника высокочастотных колебаний сам процесс резания. Балка, связывающая два резца и оснащенная упругим элементом, позволяет передать энергию процесса резания и частоту колебаний чистовому резцу. Встроенный демпфер между резцами обеспечивает сдвиг по фазе колебаний чистового резца, что снижает уровень шероховатости при чистовом точении. При такой настройке резцов чистовой резец не копирует винтовую поверхность оставленную

черновым резцом, а срезает выступы от черного резца H до величины H_1 . Кроме того чистовой резец снимает малую стружку и усилия резания, следовательно, малы и упругие перемещения чистового резца минимальны, что приводит к повышению точности обработки.

Предлагаемая конструкция резцового блока для двухрезцового точения иллюстрируется следующими рисунками. На рис. 1 представлен общий вид резцового блока, а на рис. 2 схема образования шероховатости на обработанной поверхности. Двухрезцовый блок для токарной обработки осесимметричных деталей показан рис. 1 и закреплен в резцедержателе 8 относительно обрабатываемой детали 9. Профилограммы обработанной поверхности детали от черного и чистового точения 10 и 11 представлены на рис. 2.

Рис. 1. Общий вид двухрезцового блока:
1 – черновой резец с упругим элементом 2; 3 – чистовой резец, с упругим элементом 4; 5 – балка; 6 – упругий элемент балки; 7 – демпфер; 8 – резцедержатель; 9 – обрабатываемая заготовка

Двухрезцовый блок работает следующим образом. Блок резцов настраивают по эталону образца на заданные диаметры, закрепляют в резцедержателе станка и подводят к обрабатываемой детали. Первым включается в процесс резания черновой резец 1, а далее через расстояние L начинает работать чистовой резец 3. В каждый резец встроены упругие элементы 2 и 4 с упругими элементами a и b (см. рис. 1). Резцы соединены балкой 5 с встроенным упругим элементом 6, выполненным в виде прямо-

угольника, что позволяет обоим резцам колебаться в плоскости YOX в одном направлении. Параллельно балке 5 между резцами 1 и 3 встро-

ен демпфер 7, корпус которого закреплен на державке резца 3, а шток поршень крепится на державке резца 1.

Рис. 2. Схема образования шероховатости на обработанной поверхности

Если чистовой резец 3 отстает по фазе от чернового резца 1 (рис. 2), это происходит за счет работы демпфера 7, то осевое смещение чистового резца 3 относительно вершины чернового резца 1 производится на угол β (угол запаздывания), оставляя на обработанной поверхности неровность высотой H_1 , меньшей H . Такая конструкция двух резцового блока позволяет колебаться чистовому резцу 3 в одном направлении с одинаковыми частотами, с разными фазами.

Проверить то, как регулирование жесткости резца отразится на качестве обработанной поверхности, возможно при помощи следующего приближения. А именно – работа чернового резца соответствует чистовой обработке жестким резцом до нагружения образца из стали Ст. 3 ($P = 0$ кгс). А чистового – нагружению обработанного образца силой $P = 1500$ кгс (внедрение ролика диаметром 16 мм и длиной 12 мм) по воздействию на высотные параметры шероховатости поверхности (рис. 3).

Рис. 3. Параметры обработанной поверхности ($P = 1500$ кгс, базовый – резец 1, проектный – резец 2), $H_p = 2.5$ мкм, $W_p = 2.5$ мкм, $K^1 = 1.3$

Известно (см. [1, 2]), что величина высокочастотных колебаний резца оказывает существенное влияние на высотные параметры шероховатости профиля обработанной поверхности (например, R_z), а величина параметра R_z растет пропорционально амплитуде колебаний (хотя, почти не зависит от их частоты). В свою очередь, на шаговые параметры профиля (например, S_m) вибрации высокой частоты оказывают намного менее заметное влияние, поэтому в исследовании их не рассматриваем.

Испытания проводились жестким резцом на станке 1525Ф3. Условия, применяемая аппаратура и оборудование описаны в [3]. Для оценки качества поверхности детали применялись высотные параметры шероховатости поверхностного слоя (см. рис. 3). А для эксплуатационных свойств – комплексные параметры состояния поверхностного слоя (см. [3, 4]). Регламентировался параметр профиля обработанной поверхности – R_a , лимитирующими свойствами детали являлись – контактная жесткость (комплекс Π), усталостная прочность (комплекс C_y) и прочность посадок с натягом (комплекс C_m).

Проведенное исследование, показало, что поведение профильных и комплексных параметров C_m , C_y и Π на обработанной поверхно-

сти образцов было следующим (см. рис. 3). А именно, пятна контакта формировались при первых нагружениях, комплексы стабилизировались, достигая равновесных значений, высотные параметры после нагружений уменьшались (для однократного приложения нагрузки усилием $P = 1500$ кгс). Что говорит об улучшении эксплуатационных свойств поверхностного слоя при обработке.

Таким образом, использование конструкции двухрезцового блока позволяет повысить производительность обработки, качество и точность обработанной поверхности, улучшить надежность работы инструмента и обеспечить стабильность форм и размеров в эксплуатационный период работы детали.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Драчев, О. И. Технология изготовления маложестких несимметричных деталей / О. И. Драчев. – Санкт-Петербург : Политехника, 2012. – 289 с., ил.
2. Кумабэ, Д. Вибрационное резание / Д. Кумабэ // Машиностроение, 1985 г. – 424 с., ил.
3. Кравцов, А. Н. Обеспечение эксплуатационных свойств поверхностей деталей при изготовлении / А. Н. Кравцов, Н. В. Кравцов. – Иrbит : ЗАО «ОНИКС», 2011. – 267 с., ил.
4. Инженерия поверхности деталей / колл. авт. ; под ред. А. Г. Суслова. – М. : Машиностроение, 2008. – 320 с., ил.