

2. Возможность снижения сил резания, т. к. с увеличением силы резания возрастают и силы трения, возникающие на поверхностях резца, что приводит к повышению температуры и ухудшению качества поверхности.

3. Возможность выбора наиболее экономически выгодных режимов обработки путем уменьшения потребляемой мощности.

УДК 621.9.06

Н. А. Тишкова, аспирант

Б. А. Сентяков, доктор технических наук, профессор

Ижевский государственный технический университет, Воткинский филиал

СИЛОВАЯ МОДЕЛЬ ПРОЦЕССА УДАЛЕНИЯ ЭЛЕМЕНТНОЙ СТРУЖКИ С ПОВЕРХНОСТИ УСТАНОВОЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ПРИ ПОМОЩИ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ПНЕВМАТИЧЕСКИХ ВИХРЕВЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Исследован процесс удаления элементной стружки различной формы с поверхности установочных элементов при помощи вихревого элемента. Установлено влияние конструктивных параметров вихревого элемента на возможность перемещения стружки разной формы и материала. Получена аналитическая зависимость скорости удаления элементной стружки воздушным потоком от параметров стружки.

Развитие автоматизированных производств в машиностроении обуславливает необходимость автоматизации удаления стружки, образующейся при обработке на металлорежущих станках, с установочных элементов приспособлений. Еще недавно станки конструировались лишь с учетом функций резания, а удаление стружки входило в функции станочника. Однако на современных автоматических станках, автоматических линиях, станках с ЧПУ, гибких производственных системах удаление стружки станочником вручную недопустимо. Наличие стружки на установочных элементах приспособлений в момент установки на них обрабатываемых заготовок является недопустимым и приводит к браку обрабатываемой детали.

В связи с этим актуальной является задача создания простого и надежного устройства для удаления стружки с поверхности установочных элементов приспособлений. Известные устройства для решения этой задачи имеют существенные недостатки. Например, на токарном станке с программным управлением 1П756 ПМФЗ, используемом для обработки коротких цилиндрических деталей диаметром до 400 мм, предусмотрены пневматические сопла для обдува кулачков патрона сжатым воздухом перед установкой заготовки. Продолжительность этого перехода в операции составляет 0,5...1 мин. Рабочая зона станка при этом закрыта подвижным ограждением, но вероятность попадания стружки в механизмы станка остается. В комплект оснастки некоторых многоинструментальных станков входят специальные вращающиеся щетки, устанавливаемые в шпиндель станка. Перед установкой обрабатываемых заготовок в приспособления таких станков щетка по заданной траектории «обходит» все установочные элементы приспособления и удаляет с них стружку. Продолжительность этого перехода в операции может достигать несколько минут.

Поставленная задача может быть решена при использовании многофункциональных пневматических вихревых элементов (МПВЭ), которые представляют собой сопловые устройства, из которых истекает закрученный поток сжатого воздуха, взаимодействующий с контролируруемыми объектами, в данном случае с частицами стружки, расположенными на поверхностях установочных элементов приспособления, и с устанавливаемой на них деталью.

Применение МПВЭ, первые образцы которых были разработаны в лаборатории технологической оснастки и вихревых технологий ВФ ИжГТУ, в конструкциях станочных приспособлений позволяет:

- производить автоматическое удаление стружки с поверхностей установочных элементов перед установкой на них обрабатываемых деталей под действием закрученного потока воздуха, истекающего из каналов вихревых элементов;
- формировать команды на автоматическое закрепление обрабатываемых деталей при условии требуемого положения детали в приспособлении за счет эффекта изменения давления сжатого воздуха при изменении зазора между вихревыми элементами и технологическими базами обрабатываемых деталей;
- уменьшить силы, необходимые для настроечного перемещения устанавливаемых в приспособления тяжелых деталей, и обеспечить автоматическую корректировку их положения в горизонтальной плоскости за счет создания воздушной подушки и силового действия элементов на детали.

С целью эффективного удаления стружки с установочных элементов приспособлений закрученным потоком сжатого воздуха разработаны, изготовлены и исследованы многофункциональные пневматические вихревые элементы (далее вихревые элементы), в которых в качестве завихрителя потока применен многозаходный подвижный шнек (рис. 1).

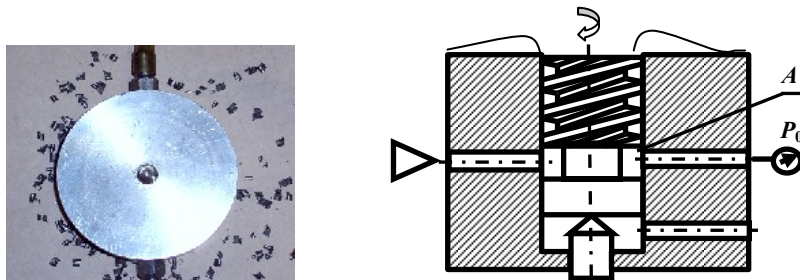


Рис. 1. Схема МПВЭ с вращающимся шнеком и пример удаления стружки с установочных элементов с помощью МПВЭ

В данном устройстве шнек приводится во вращение благодаря действию реактивных сил истекающего из каналов шнека воздуха. Это устройство имеет две полости, в одну из которых подается сжатый воздух, а другая полость связана с атмосферой. Шнек в вертикальном положении опирается на регулировочный винт, имеющий коническую форму и соприкасающийся с поверхностью шнека в одной точке. Поток воздуха, истекая в атмосферу через каналы шнека, распространяется вдоль поверхности установочного элемента и удаляет с него стружку. Для того чтобы шнек не выдвигался из устройства и тем самым обеспечивал правильную бесперебойную работу приспособления, необходимо выбрать оптимальные геометрические параметры шнекового завихрителя, а именно: диаметр шнека, количество

каналов и угол подъема винтовой линии, которые должны соответствовать данному условию.

Установлено, что при использовании трехзаходного вращающегося завихрителя с диаметром шнека 9 мм и углом подъема винтовой линии 34° при давлении сжатого воздуха $P_0 = 0,04$ МПа в полости *A* (рис. 1) стальная элементная стружка с параметрами $0,5 \times 2 \times 3$ мм удаляется с поверхности установочного элемента практически полностью, радиус полностью очищенной области составляет до 0,050 м.

Зная закономерности влияния глубины резания, подачи, плотности и геометрических размеров элементной стружки на ее аэродинамические свойства, можно аналитически рассчитать скорость потока воздуха для удаления элементной стружки воздушным потоком и расстояние, на которое может переместиться единичный элемент стружки.

Поток воздуха, истекая в атмосферу через каналы шнека, распространяется вдоль поверхности установочного элемента и удаляет с него стружку. На стружку действует реактивная сила потока воздуха, истекающего из каналов шнека. Стружку можно переместить с места и тем самым удалить ее с поверхности установочных элементов при условии, если проекция реактивной силы будет больше силы аэродинамического взаимодействия воздушного потока и элемента стружки, а также силы трения и силы адгезионного взаимодействия между стружкой и поверхностью установочного элемента.

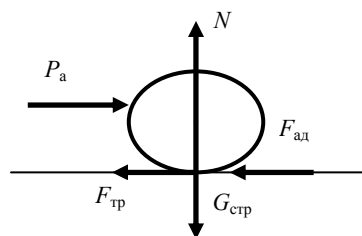


Рис. 2. Силевая модель элементной стружки с потоком воздуха

Условие возможности начала движения элемента стружки в направлении движения потока воздуха

$$P_a > F_{\text{тр}} + F_{\text{ад}}, \quad (1)$$

где P_a – силы аэродинамического взаимодействия воздушного потока и элементной стружки, Н; $F_{\text{тр}}$ – сила трения, Н; $F_{\text{ад}}$ – сила адгезионного взаимодействия, Н.

Сила аэродинамического взаимодействия воздушного потока и элементной стружки может быть выражена как [1]

$$P_a = k F_c \rho v^2 / 2, \quad (2)$$

где k – коэффициент лобового сопротивления среды, $k = 0,5 \dots 0,03$; F_c – поперечное сечение стружки, представляющее ее проекцию на нормальную к потоку поверхность, м^2 ; v – скорость потока воздуха в горизонтальном направлении, м/с ; ρ – плотность транспортирующего воздуха, кг/м^3 .

Сила трения элементной стружки может быть выражена по данным работы [1]:

$$F_{\text{тр}} = \zeta Q_c \rho_c g, \quad (3)$$

где ζ – коэффициент трения элементной стружки: $\zeta = \frac{1}{\left(1,74 + 2 \lg \frac{1}{\varepsilon}\right)^2}$, $\varepsilon = \frac{h}{r}$ – от-

носительная шероховатость, для стальной стружки $\zeta = 0,029$; r – расстояние между выступами шероховатости, мкм; h – высота выступов шероховатости, мкм; Q_c – объем стружки, м³; ρ_c – плотность материала стружки с учетом его усадки, кг/м³; g – ускорение силы тяжести, м/с².

Сила адгезионного взаимодействия между элементной стружкой и поверхностью установочного элемента может быть определена по формуле [2]

$$F_{\text{ад}} = \sigma \pi r_0^2 / 4, \quad (4)$$

где σ – поверхностная энергия, для стальной стружки $\sigma = 1,450$ Дж/м² [3]; r_0 – радиус действия межатомных сил притяжения, для стальной стружки $r_0 = 1,37 \cdot 10^{-10}$ м [3].

Подставляя выражения (2)–(4) в условие (1), найдем скорость, при которой возможно начало движения стружки в направлении движения потока воздуха:

$$v^2 > \frac{\zeta Q_c \rho_c g + \sigma \pi r_0 / 4}{k F_c \rho / 2}. \quad (5)$$

Распределение продольных скоростей полуограниченной струи в пограничном слое имеет вид [4]

$$v = \frac{3,5 v_0}{\sqrt{\bar{x}}}, \quad (6)$$

где v_0 – скорость потока воздуха при выходе из канала шнекового завихрителя, м/с; $\bar{x} = \frac{x}{b_n}$ – безразмерное расстояние, равное отношению расстояния от полюса струи к ширине сопла, из которого истекает струя, м.

Решая уравнения (5) и (6), находим критическое расстояние, при котором силы струи потока воздуха достаточно для перемещения элементов стружки:

$$x_{\text{кр}} \leq \frac{12,25 v_0^2 b_n k F_c \rho / 2}{\zeta Q_c \rho_c g + \sigma \pi r_0 / 4}.$$

При аналитическом расчете удаления элементной стружки воздушным потоком определено расстояние, на которое может переместиться стружка. Для стальной элементной стружки это расстояние составляет около 0,2 м, для алюминиевой элементной стружки 0,3 м, что подтверждается экспериментом.

Удаление стружки с установочных элементов приспособлений вихревым потоком воздуха при помощи шнекового завихрителя достаточно эффективно и просто. Небольшие габариты приспособления не лишают возможности обработки деталей достаточно сложной геометрической формы. Вихревой поток воздуха позволяет удалять стружку с базирующих поверхностей приспособлений, не задувая ее в ра-

бочие поверхности станков, т. к. струя воздуха, исходящая из шнекового завихрителя, угасает пропорционально квадрату расстояния.

Таким образом, экспериментальные исследования показали, что данное устройство можно использовать в инструментальной, станкостроительной и машиностроительной отраслях промышленности, где используется обработка материалов резанием на станках с ПУ в условиях автоматизированного производства. Его целесообразно использовать в цехах высокоточной обработки, где недопустимо удаление стружки с установочных элементов приспособлений обычными методами.

Список литературы

1. Рябов, В. В. Отвод металлической стружки пневмотранспортом. – М. : Машиностроение, 1988. – 148 с.
2. Фрейдлин, А. С. Свойства и расчет адгезионных соединений. – М. : Химия, 1990. – 256 с.
3. Идельчик, И. Е. Справочник по гидравлическим сопротивлениям. – М. ; Л., 1960.
4. Орлов, Б. В. Струйная автоматика в системах управления. – М. : Машиностроение, 1975. – 368 с.

УДК 520.2(045)

К. В. Шишаков, кандидат физико-математических наук, доцент
Ижевский государственный технический университет

ПРОБЛЕМЫ И ПРИНЦИПЫ УПРАВЛЕНИЯ ОПТИКО-МЕХАНИЧЕСКИМИ КОМПЛЕКСАМИ НАВЕДЕНИЯ БОЛЬШИХ НАЗЕМНЫХ ТЕЛЕСКОПОВ

Систематизированы проблемы и принципы управления оптико-механическими комплексами наведения больших наземных телескопов. Рассмотрены направления системного анализа проблемы наведения и разработки алгоритмов управления. Описаны варианты рабочих структур многоканального комплекса наведения телескопа. Определена структурно-алгоритмическая основа многообъектной обратной связи. Проанализирована организационная настройка структуры многообъектной обратной связи.

Введение

Современные наземные телескопы имеют диаметры приемной апертуры 3...10 и более метров и точности наведения: по сопровождению – до 0,1 угл. сек и по коррекции искажений волнового фронта – до 0,1 длины оптической волны [1]. Для этого их оптико-механические комплексы наведения больших телескопов включают до четырех и более каналов наведения, каждый из которых обеспечивает эффективную обратную связь для своего объекта управления [1, 2]. Из них формируются две важнейшие подсистемы наведения. Первая подсистема обеспечивает высокоточное сопровождение объекта наблюдения и создает условия для работы второй подсистемы. Вторая подсистема реализует основную цель оптических систем наблюдения космического пространства – безабберационную регистрацию изображения.

В число важнейших параметров качества изображения входит пространственное разрешение. На него сильно влияют фазовые аберрации (измеряемые в долях микрометров), которые характеризуются своим пространственно-временным частотным диапазоном. Для их компенсации используются системы активной и адап-