

УДАЛЕНИЕ СТРУЖКИ ПРИ ЧИСТОВОМ ФРЕЗЕРОВАНИИ

Н.Н. Коротун, А.Ф. Курилов, А.В. Ворощенко

Сумский государственный университет,

Рассмотрен вопрос удаления стружки фрезой – вентилятором в процессе работы. Проанализировано взаимодействия воздушного потока и элементной стружки. Приведен фракционный и массовый состав стружки при чистовом фрезеровании и предложено новое техническое решение по данному вопросу.

1 ВВЕДЕНИЕ

При чистовом торцевом фрезеровании образующаяся стружка имеет незначительную массу и размеры. При закреплении деталей на магнитной плите стружка частично удерживается, не разлетаясь, на обработанной поверхности магнитным полем плиты и после нескольких проходов необходимо останавливать процесс фрезерования для удаления накопившейся стружки. Если же обработка производится без применения магнитной плиты, т.е. с креплением детали в тисках или прихватами, то в этом случае разлетающаяся стружка представляет опасность при выполнении фрезерных работ. Кроме того, попадая под свободные (не находящиеся в зоне резания) режущие кромки, стружка деформирует обработанную поверхность, ухудшая ее качество. Таким образом, удаление стружки в процессе чистового фрезерования является важной технической задачей. Одним из путей удаления стружки из зоны резания является аэродинамический, при котором стружка удаляется воздушным потоком.

2 ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

При расчете и создании устройств аэродинамического удаления стружки используют понятие скорости витания стружки $v_{вит}$. Скорость витания стружки зависит от плотности стружки, скорости резания, глубины резания и подачи, радиуса завивания и длины стружки. Зная силу воздействия этих факторов на аэродинамические свойства стружки, можно рассчитать или пневмотранспортное устройство, или подобрать такие режимы резания, при которых возможна работа такого устройства.

Взаимодействие воздушного потока и элементной стружки в пневмотранспортных системах определяют по зависимости [1]:

$$P = kF_c \rho v^2 / 2,$$

где F_c – поперечное сечение стружки, определяется как проекция на нормальную к воздушному потоку поверхность, m^2 ; ρ – плотность транспортирующего воздуха, $кг/м^3$; v – скорость потока в вертикальном направлении, $м/с$.

Скорость витания стружки определяют, приравнявая силу взаимодействия потока воздуха в вертикальном направлении и элементной стружки к силе, создаваемой массой стружки, $м/с$:

$$v_{вит} = \sqrt{2Q_c \rho_c g / (kF_c \rho)},$$

где Q_c – объем стружки, $м^3$; ρ_c – плотность материала стружки с учетом его усадки, $кг/м^3$; g – ускорение силы тяжести, $м/с^2$; k – коэффициент расхода; F_c – величина миделевого сечения стружки, равная среднеквадратической площади оснований параллелепипеда, описанного вокруг стружки, т.е.

$$F_c = \sqrt{(F_1 + F_2 + F_3)} / 3.$$

Учитывая, что плотность стружки, ускорение силы тяжести и плотность воздуха есть величины постоянные для текущих условий резания, формулу для скорости витания можно преобразовать в таком виде:

$$v_{вит} = \sqrt{2\rho_c g / k\rho} \sqrt{Q_c / F_c}.$$

Первый сомножитель является постоянной величиной для текущих условий резания, а второй является коэффициентом формы стружки, т.е. формула витания стружки принимает вид $v_{вит} = C k_{\phi}$. Таким образом, основными параметрами, определяющими скорость витания стружки, являются их масса и геометрическая форма. По данным [2] коэффициент формы стружки в ряде случаев может быть принят равным \sqrt{l} , где l – длина стружки. Однако скорость витания не может быть определена с достаточной точностью, так как определить объем и форму стружек неправильной геометрической формы весьма затруднительно. Наиболее целесообразным в этом случае является эксперимент.

3 РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Для выяснения фракционного и массового состава стружки при чистовом фрезеровании нами был проведен анализ стружек после чистового фрезерования стали торцевыми фрезами на вертикально – фрезерном станке. Анализ был выполнен визуальным разделением стружек по фракциям и определением их усредненной массы. Наиболее рационально стружку разделить на четыре фракции: 1) крупная (трубчатая); 2) средняя (полукольцевая); 3) мелкая (пластинчатая); 4) очень мелкая (пыль). Такое разделение по фракциям после взвешивания и определения массы стружки оказалось наиболее оправданным. Массу стружек определяли на аналитических весах типа АД – 200. Результаты определения усредненной массы стружек приведены в таблице 1.

Таблица 1 - Определение массы стружек по фракциям при чистовом фрезеровании

Фракция стружки	Выборочная масса стружек во фракции, мг	Средняя масса стружек фракции, мг	Максимальная масса стружек фракции, мг
Крупная (трубчатая)	25; 22; 21; 20; 20; 24; 26; 20; 18; 21	20	26
Средняя (полукольцевая)	19; 17; 12; 19; 10; 16; 18; 13; 10; 17	15	19
Мелкая (пластинчатая)	4; 4; 1; 2; 8; 3; 2; 4; 1; 1	3	8
Очень мелкая стружка (пыль)	0,5; 0,7; 0,1; 0,5; 0,3; 0,5; 0,1; 0,1; 0,5; 0,2	0,35	0,7

Как видно из табл. 1, наибольшая масса крупных стружек не превышала 26 мг, а масса очень мелких стружек (почти пыли) находилась в пределах 0,1 – 0,7 мг. Масса стружек средней и мелкой фракций находится в пропорциях относительно очень мелкой и крупной стружек. Таким образом, фракционно-массовый состав стружек,

определенный в наших исследованиях, находится в пределах, рекомендуемых для удаления воздушным потоком. Воздушный поток при этом создают вентиляторные установки, работающие за пределами станка. Кроме того, существующие технические решения, например, предлагают ограждение самой фрезы цилиндрическим защитным кожухом, как это применяется для абразивного инструмента, или для деревообрабатывающих фрез, работающих со значительными частотами вращения [2,3]. Анализ таких конструкций показал, что их применение для металлообрабатывающих торцевых фрез менее эффективен, а в некоторых случаях даже непригоден. Так, например, внешний защитный кожух для торцевой фрезы [3] неприемлем тем, что стружка, попадая между кожухом и фрезой, создает дополнительные трудности по ее удалению, так как она никак не удаляется, а наоборот, забивается между кожухом и фрезой. Кроме того, расположенный вокруг фрезы защитный кожух снижает видимость зоны обработки, что создает неудобства для оператора, и этот же кожух ограничивает технологические возможности фрезы при фрезеровании деталей, например, с уступом. Как показал опыт эксплуатации торцевых фрез на окончательных режимах обработки, стружка любой фракции разбрасывается механически и раздувается воздушным вихревым потоком, который создают при фрезеровании поверхности режущих вставок, выступающие за торцевую плоскость фрезы. Однако поток этот достаточно слаб и направлен к периферии фрезы, что усугубляет процесс разбрасывания стружки. Но если воздушный поток направить к центру фрезы, а затем преобразовать в вихревой и устремить через корпус фрезы, то такое решение может дать новый технический результат.

Именно для этого нами предложено новое техническое решение [4], суть которого заключается в том, что внутри корпуса 1 фрезы установлен механизм удаления стружки (вентилятор), выполненный в виде рабочего колеса с лопатками 2 (рис. 1).

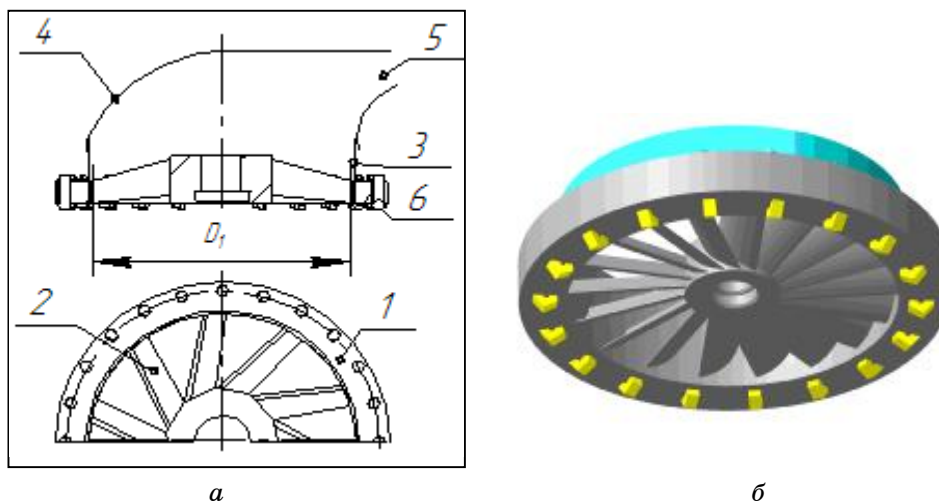


Рисунок 1 – Конструкция фрезы:
а) вентилятора; б) 3D – модель фрезы

Режущие кромки 6 фрезы установлены с положительным углом наклона, что обеспечивает направление стружки в зону действия вентилятора. Кроме того, устройство снабжено направляющим патрубком, выполненным из двух сопрягаемых частей, боковые поверхности которых размещены с зазором. Вращающаяся часть 3

патрубка закреплена на нерабочем торце фрезы, а вторая часть 4 (неподвижная) – жестко на неподвижном узле станка, например на пиноли шпинделя. Неподвижная часть выполнена в виде крышки с боковым отверстием 5 для отвода стружки в безопасном направлении. К этому отверстию может быть закреплён всасывающий патрубок пневмосети.

Предварительную оценку возможности использования встроенного вентилятора для удаления стружки при фрезеровании произведем с помощью коэффициента быстроходности [5]

$$n_{\sigma} = n Q^{0,5} / P^{0,5},$$

где n – частота вращения колеса вентилятора, мин^{-1} ; Q – производительность установки по воздуху, $\text{м}^3/\text{с}$; P – полное аэродинамическое давление, развиваемое вентилятором, $\text{кгс}/\text{м}^2$.

Производительность вентилятора можно определить из уравнения расхода

$$Q = W_{\text{тр}} p D_1^2 / 4,$$

где $W_{\text{тр}}$ – средняя скорость транспортирующего потока воздуха для элементной стружки, $W_{\text{тр}} > (1,2 \dots 2,5) v_{\text{вум}}$, и для разных видов обработки по рекомендациям [2] величину $W_{\text{тр}}$ можно оценить значением $W_{\text{тр}} = 30 \text{ м/с}$; D_1 – внутренний диаметр фрезы (диаметром оправки фрезы можно пренебречь).

Аэродинамическое сопротивление пневмотранспортной установки находится в пределах от 2 до 10 КПа, а частота вращения фрезы – от 3000 мин^{-1}

Оценка коэффициента быстроходности при этих параметрах для фрез с внутренним диаметром от 100 до 300 мм укладывается в рекомендуемый диапазон значений $11 < n_{\sigma} < 80$ для односторонних центробежных вентиляторов [5]. Для фрез большего диаметра D_1 при таких же параметрах P и n значения коэффициента быстроходности будут соответственно большими, и для таких фрез можно рекомендовать диагональные и осевые вентиляторы.

Представляет интерес использование в качестве встроенных для удаления стружки диаметральных вентиляторов, которые хорошо вписываются в схему пневмотранспортной установки.

Диаметральный вентилятор (или поперечно – поточный) представляет собой колесо центробежного типа с загнутыми вперед лопатками, частично заключенное в коленообразный кожух. При вращении вентилятора образуется вихревое несимметричное поле, вызывающее течение в направлении диаметра.

Работоспособность такого устройства, его аэродинамические свойства необходимо выяснить после разработки конструкции диаметрального вентилятора, ее оптимизации и проведения эксперимента.

4 ВЫВОДЫ

1 Установлено, что при расчете и создании устройств аэродинамического удаления стружки используют параметр скорости витания стружки $v_{\text{вум}}$. Этот параметр зависит от ряда факторов, в том числе и от массы стружки.

2 Экспериментально установлен фракционно – массовый состав стружки при чистовом фрезеровании.

3 Предложено новое техническое решение для удаления стружки при чистовом фрезеровании, суть которого заключается в том, что внутри

корпуса фрезы установлен механизм удаления стружки (вентилятор), выполненный в виде рабочего колеса с лопатками.

SUMMARY

REMOVAL OF A SWAFT AT FAIR MILLING

N.N. Korotun, A.F. Kurilov, A.V. Voroshenko,

The question of removal of a swaft is considered by the mill - fan during work. Interaction of an air stream and an element of a swaft is analysed. The structure of a swaft is resulted fractional at fair milling. The new technical decision on the given question is offered.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Калинушкин М.П. Вентиляторные установки. - М.: Высшая школа, 1979.-323 с.
2. Рябов В.В. Отвод металлической стружки пневмотранспортом. – М.: Машиностроение, 1988.- 144 с.
3. Авторское свидетельство СССР, М.кл.2 В 27 G 3/00, № 1586909, 1980.
4. Торцева фреза. Д. патент на кор. модель В23С5/06, № 8214, 15.07. 2005.
5. Центробежные вентиляторы / Под. ред. Т.С.Соломахова. - М.: Машиностроение, 1975. – 416 с.: ил.

Н.Н. Коротун, канд. техн. наук, доцент,
СумГУ, г. Сумы;

А.Ф. Курилов, канд. техн. наук, доцент,
СумГУ, г. Сумы;

А.В. Ворощенко, студент СумГУ, г. Сумы

Поступила в редакцию 20 марта 2007 г.