

ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(12)

РЕСПУБЛИКА БЕЛАРУСЬ



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ЦЕНТР
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ
СОБСТВЕННОСТИ

(19) ВУ (11) 23776

(13) С1

(46) 2022.08.30

(51) МПК

B 27G 13/02 (2006.01)

(54) АДАПТИВНАЯ ДЕРЕВООБРАБАТЫВАЮЩАЯ ФРЕЗА

(21) Номер заявки: а 20200351

(22) 2020.12.11

(71) Заявитель: Учреждение образования "Белорусский государственный технологический университет" (ВУ)

(72) Авторы: Гаранин Виктор Николаевич; Болочко Дмитрий Леонидович; Шляжко Артур Леонидович; Митуневич Александр Владиславович (ВУ)

(73) Патентообладатель: Учреждение образования "Белорусский государственный технологический университет" (ВУ)

(56) ГАРАНИН В.Н. и др. Способ подвижного взаимодействия фрезерного инструмента с приводом механизма резания станка. Труды БГТУ, 2014, № 2, с. 155-156.

ВУ 10332 С1, 2008.

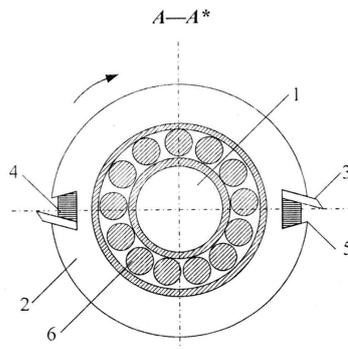
RU 2616404 С1, 2017.

SU 1585160 А1, 1990.

JP 6-285813 А, 1994.

(57)

Адаптивная деревообрабатывающая фреза, содержащая вал, выполненный с возможностью соединения с приводом деревообрабатывающего станка, и расположенный на упомянутом валу на подшипниках полый цилиндрический корпус с n режущими элементами, закрепленными в пазах на его боковой поверхности, причем упомянутые подшипники установлены по торцам полого цилиндрического корпуса, который центральной частью соединен с упомянутым валом через жесткие пружинные элементы, одни концы которых закреплены на внутренней поверхности полого цилиндрического корпуса, а другие - на упомянутом валу, обеспечивая возможность при поочередном взаимодействии каждого из n режущих элементов с обрабатываемой поверхностью совершения полым цилиндрическим корпусом быстрозатухающих поворотных относительно оси вращения упомянутого вала собственных колебаний с частотой ν_k , определенной из выражения:



Фиг. 2

ВУ 23776 С1 2022.08.30

$$v_k \geq \frac{n \cdot v_\phi}{4},$$

где v_ϕ - рабочая частота вращения вала.

Изобретение относится к области деревообработки и может быть использовано при изготовлении деревообрабатывающего инструмента.

Фрезерование является одной из основных операций деревообработки, обеспечивающей получение поверхностей высокого качества. Номенклатура выпускаемых фрез определяется требованиями по форме получаемой поверхности и ее качеству. Плоские поверхности деревянных изделий являются наиболее распространенными, а для их формирования наиболее широко используются цилиндрические фрезы. Качество обработки при этом определяется особенностями взаимодействия режущего элемента с поверхностью.

Известна фреза дереворежущая, содержащая цилиндрический корпус с пазами цилиндрической формы, в которых закреплены режущие вставки в форме разрезного полого цилиндра [1].

Недостатком рассматриваемого аналога является сравнительно невысокое качество обработки, обусловленное периодическим воздействием вращающегося режущего элемента на поверхность при поступательном движении заготовки. Профиль получаемой поверхности в этом случае задается эвольвентой. Иначе его можно представить в виде совокупности перекрывающихся дуг. Чем больше перекрытие, тем меньше высота выступов поверхности и выше качество обработки. Однако при этом требуется минимизация скорости подачи заготовки, что снижает производительность обработки. Другим способом уменьшения высоты неровностей является повышение частоты вращения инструмента. Однако при этом уменьшается толщина удаляемой стружки, и режущие элементы быстро затупляются. Поэтому такой подход требует существенного увеличения энергозатрат и является экономически нецелесообразным.

Наиболее близкой к заявляемому техническому решению, его прототипом является фреза, состоящая из цилиндрического корпуса с пазами на боковой поверхности, в которых установлены режущие элементы с деталями крепления и регулировки [2].

Такая фреза является классическим инструментом для обработки древесины и широко используется в промышленности для получения плоских поверхностей. Количество пазов для установки режущих элементов не ограничено, но чаще всего используют от 2 до 4. Увеличение количества режущих элементов способствует увеличению перекрытия между отдельными областями взаимодействия ножа с поверхностью и повышению качества ее обработки. Дальнейшее увеличение количества режущих элементов требует сопутствующего увеличения диаметра фрезы, что сопряжено с резким ростом требований по точности установки и балансировке, увеличению размеров и мощности используемого оборудования, а также существенного роста энергопотребления, что, как правило, экономически нецелесообразно.

Прототип отличается от упомянутого аналога лишь формой режущих элементов и особенностями их установки. Поэтому он обладает практически тем же недостатком: высокой волнистостью обрабатываемой поверхности при сравнительно невысокой производительности.

Задачей заявляемого изобретения является повышение качества обработки поверхности.

Поставленная задача решается тем, что в адаптивной деревообрабатывающей фрезе, содержащей вал, выполненный с возможностью соединения с приводом деревообрабатывающего станка, и расположенный на упомянутом валу на подшипниках полый цилиндрический корпус с n режущими элементами, закрепленными в пазах на его боковой поверхности, причем упомянутые подшипники установлены по торцам полого цилиндри-

ческого корпуса, который центральной частью соединен с упомянутым валом через жесткие пружинные элементы, одни концы которых закреплены на внутренней поверхности полого цилиндрического корпуса, а другие - на упомянутом валу, обеспечивается возможность при поочередном взаимодействии каждого из n режущих элементов с обрабатываемой поверхностью совершения полым цилиндрическим корпусом быстрозатухающих поворотных относительно оси вращения упомянутого вала собственных колебаний с частотой ν_k , определенной из выражения:

$$\nu_k \geq \frac{n \cdot \nu_\phi}{4},$$

где ν_ϕ - рабочая частота вращения вала.

Сущность заявляемого технического решения заключается в значительном увеличении времени взаимодействия режущего элемента с обрабатываемой поверхностью за счет его "притормаживания" на дуге контакта благодаря появлению дополнительной степени свободы (вращательного движения) относительно оси вращения инструмента. Это позволяет при сравнительно малом радиусе фрезы получать большой радиус следа взаимодействия режущего элемента с обрабатываемой поверхностью. Величина перекрытия между отдельными следами взаимодействия режущего элемента с обрабатываемой поверхностью также возрастает, что обеспечивает снижение волнистости обрабатываемой поверхности. Увеличение времени взаимодействия режущего элемента с обрабатываемой поверхностью позволяет увеличить скорость подачи заготовки, а следовательно, и производительность обработки. Одновременное увеличение частоты вращения фрезы, в отличие от прототипа, обеспечивает соответствующее повышение производительности обработки, поскольку толщина снимаемой стружки при этом изменяется незначительно (в гораздо меньшей степени).

По сути, заявляемая фреза представляет собой своеобразный маятник, колеблющийся относительно вала с некоторой частотой, определяемой жесткостью упругих элементов и массой корпуса с установленными на него режущими элементами. В начальный момент времени при контакте режущего элемента с обрабатываемой поверхностью он внедряется в объем материала и формирует стружку. Одновременно корпус фрезы при возникновении сопротивления материала отклоняется в направлении, противоположном вращению. С одной стороны, это снижает силу удара и способствует увеличению срока службы инструмента. С другой стороны, отклонение корпуса фрезы приводит к увеличению времени взаимодействия режущего элемента с обрабатываемым материалом. Это приводит к увеличению радиуса траектории режущей кромки в объеме материала при сохранении глубины проникновения - длина стружки возрастает при сохранении ее толщины. По мере поворота инструмента противодействие упругого элемента возрастает, режущий элемент выходит из объема обрабатываемого материала и под действием сил упругости возвращается в исходное положение. Далее цикл повторяется. Важным моментом в данном случае является то, чтобы режущий элемент при повторном врезании в обрабатываемый материал восстановил исходное положение. Для восстановления исходного положения необходимо время, равное четверти периода собственных колебаний корпуса. Если частота ν_k собственных колебаний корпуса с ножами меньше $1/4$ рабочей частоты ν_ϕ вращения фрезы, то режущий элемент за один оборот не успевает принять исходное положение и начинает врезание в материал при еще смещенном положении. Это пропорционально уменьшает длину снимаемой стружки и повышает высоту неровностей обрабатываемой поверхности. Если рабочая частота ν_ϕ вращения фрезы равна четырехкратной частоте ν_k собственных колебаний ее корпуса, то режущий элемент возвращается в исходное положение точно за один оборот фрезы. Колебания корпуса заявляемой фрезы в силу массивности и условий эксплуатации являются быстрозатухающими. Поэтому отклонением режущих элементов от положения равновесия в сторону направления вращения фрезы в данном случае можно пренебречь. Поскольку фреза для повышения производительности

содержит не один, а n режущих элементов, установленных на одном и том же корпусе, то необходимо, чтобы каждый последующий режущий элемент находился в исходном положении в момент своего врезания в материал, т. е. собственная частота ν_k колебаний корпуса с режущими элементами относительно оси должна превышать частоту ν_ϕ вращения фрезы не менее чем в $n/4$ раз (т. е. должна быть равной или больше). Только в этом случае достигается максимальный радиус траектории режущей кромки и, соответственно, длина стружки, что обеспечивает минимальную высоту неровностей поверхности и максимальную производительность процесса обработки.

Расположение упругих элементов относительно вала и корпуса фрезы с режущими элементами произвольное и зависит от фактически используемого оборудования и формируемого изделия из древесины. Они могут быть расположены как внутри корпуса, так и на его торцевых поверхностях. В любом случае такие элементы должны обеспечивать заявляемое значение частоты собственных колебаний корпуса ν_k .

Наличие подшипников между корпусом фрезы и вращающимся валом обеспечивает необходимую балансировку инструмента в процессе работы и предупреждает смещение оси вращения корпуса при врезании в обрабатываемый материал, т. е. обеспечивает совпадение осей вращения корпуса и фрезы в целом.

Сущность заявляемого технического решения поясняется фиг. 1, где схематически изображен вид заявляемой фрезы сверху (вариант расположения упругих элементов внутри корпуса фрезы), фиг. 2, где приведено сечение А-А* фрезы в области установки корпуса на валу на подшипниках, и фиг. 3, где приведено сечение Б-Б* фрезы в области соединения корпуса с валом при помощи упругих элементов.

На фигурах приняты следующие обозначения:

- 1 - вал;
- 2 - корпус;
- 3 - режущий элемент;
- 4 - узел фиксации;
- 5 - паз;
- 6 - подшипник;
- 7 - упругий элемент;
- 8 - выемка.

Как видно из приведенных фигур, заявляемая адаптивная деревообрабатывающая фреза состоит из вала 1, на котором смонтирован корпус 2. На боковой поверхности корпуса 2 расположены режущие элементы 3, закрепленные при помощи узлов фиксации 4 в пазах 5. По торцам корпус 2 соединен с валом 1 при помощи подшипников 6, которые обеспечивают возможность их поворота вокруг оси друг относительно друга. В центральной части корпус 2 соединен с валом 1 через упругие элементы 7, установленные в выемках 8, сформированных как на валу 1, так и на внутренней поверхности корпуса 2. Стрелкой указано направление вращения фрезы при ее использовании.

В процессе эксплуатации заявляемой фрезы вал 1 приводят во вращение с использованием привода требуемой мощности. Одновременно с валом 1 во вращение приходит и корпус 2 с закрепленными на нем режущими элементами 3. При врезании режущего элемента 3 в обрабатываемый материал скорость вращения корпуса 2 по отношению к валу 1 ввиду возникшего препятствия снижается. Это возможно благодаря наличию упругого элемента 7, соединяющего корпус 2 и вал 1. Упругий элемент 7 растягивается, что приводит к увеличению времени взаимодействия режущего элемента 3 с обрабатываемым материалом. Радиус следа этого взаимодействия на обрабатываемой поверхности увеличивается, и длина снимаемой стружки при этом также возрастает. После выхода режущего элемента 3 из обрабатываемого материала упругий элемент 7 возвращается в исходное недеформированное положение. В это время скорость вращения корпуса 2 по отношению к валу 1 возрастает. Далее в обрабатываемый материал врезается следующий

ВУ 23776 С1 2022.08.30

режущий элемент, и элементарный цикл обработки повторяется. Если частота собственных колебаний маятника, образованного упругим элементом 7 и корпусом 2 с расположенными на нем в пазах 5 режущими элементами 3 и узлами фиксации 4 с учетом количества режущих элементов 3 меньше четверти рабочей частоты вращения фрезы в целом, то упругие элементы 7 не успевают вернуть режущие элементы 3 в исходное положение, что приводит к уменьшению длины снимаемой стружки и, соответственно, к снижению качества обработки. Выемки 8 обеспечивают при этом фиксацию упругих элементов 7, а подшипники 6, установленные по торцам корпуса 2, обеспечивают балансировку и возможность колебаний корпуса 2 вокруг вала 1 строго по окружности, что предупреждает возникновение неконтролируемых неровностей обрабатываемой поверхности.

Заявляемую фрезу испытывали на производственной базе заявителя при обработке массива древесины на станке Unimat 23EL. Диаметр фрезы составил 128 мм, частота вращения - 3000 мин^{-1} , т.е. 50 Гц. Испытывали варианты фрезы с двумя и четырьмя режущими элементами. Предельное расчетное значение собственной частоты ν_k колебаний корпуса составило $50 \times (2:4) = 25 \text{ Гц}$ и $50 \times (4:4) = 50 \text{ Гц}$ соответственно. В качестве упругих элементов использовали стержни из пружинной стали в количестве 4 шт., зафиксированные в выемках полумуфт (фиксированных с валом) и корпуса фрезы с ножами. Жесткость системы и, соответственно, собственную частоту колебаний корпуса с ножами фрезы изменяли путем изменения длины свободных концов стержней. Собственную частоту колебаний корпуса контролировали акустическим методом. Качество обработки поверхности определяли по высоте неровностей в мкм, производительность оценивали по количеству обработанного материала в погонных метрах. Результаты испытаний приведены в таблице.

Влияние особенностей конструкции фрезы на качество обработки древесины

№ п/п	Частота вращения фрезы, Гц	Количество режущих элементов, n	Собственная частота колебаний корпуса, Гц	Скорость подачи материала, м/мин	Высота неровностей, мкм	Примечание
1	50	2	15	15	33	
2	50	2	25	15	11	$\nu_k = 25 \text{ Гц}$
3	50	2	25	24	11	
4	50	2	25	33	12	
5	50	2	30	33	15	
6	50	4	30	15	27	
7	50	4	50	15	5	$\nu_k = 50 \text{ Гц}$
8	50	4	50	24	7	
9	50	4	50	33	10	
10	50	4	60	33	10	
11	50	прототип		15	60	

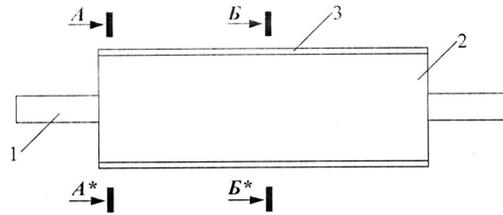
Из приведенных данных видно, что заявляемая адаптивная деревообрабатывающая фреза в совокупности отличительных признаков позволяет, по сравнению с прототипом, значительно повысить качество обрабатываемой поверхности за счет уменьшения размеров ее неровностей, обусловленных взаимодействием режущих элементов с материалом.

Инструмент может быть использован на деревоперерабатывающих предприятиях, в частности на фрезерном оборудовании.

ВУ 23776 С1 2022.08.30

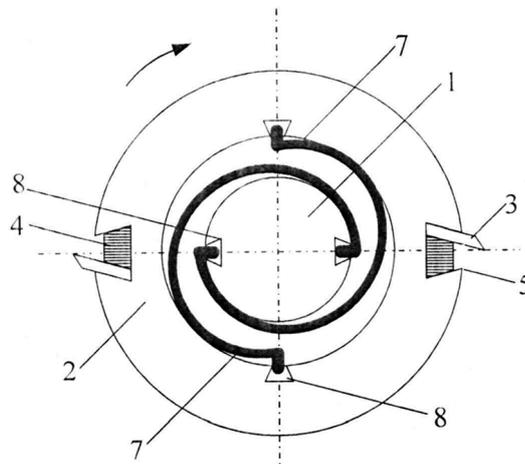
Источники информации:

1. ВУ 14477, 2011.
2. МОРОЗОВ В.Г. Дереворежущий инструмент: Справочник. Москва: Лесная промышленность, 1988, с. 167-169 (прототип).



Фиг. 1

Б—Б*



Фиг. 3