

глубина сверления (h , мм), выходной параметр - мощность (P , кВт). В опытах использовались ДСтП ламинированные синтетическим материалом, толщиной 28 мм. Сверление проводилось винтовым сверлом с конической заточкой ($D = 10$ мм). По результатам эксперимента, были получены уравнения регрессии:

В кодированном выражении

$$y = 60,1 + 10,8 \cdot X_3 + 9,6 \cdot X_1 \cdot X_2 + 10,4 \cdot X_1 \cdot X_3 + 7,9 \cdot X_2 \cdot X_3 + 11,4 \cdot X_1^2 + 15,4 \cdot X_2^2, \quad (1)$$

В явном выражении:

$$P = 326,6 - 5,89 \cdot h - 0,24 \cdot n - 12,29 \cdot V_s + 0,00137 \cdot h \cdot n + 0,2971 \cdot h \cdot V_s + 0,00632 \cdot n \cdot V_s + 0,058 \cdot h^2 + 0,000062 \cdot n^2, \text{ Вт} \quad (2)$$

Заключение. Анализ уравнения показывает, что с увеличением частоты вращения (n , мин⁻¹), скорости подачи (V_s , м/мин) и глубины сверления (h , мм) мощность на резание возрастает, при этом наибольшее влияние оказывает частота вращения инструмента, а наименьшее - глубина сверления.

В результате дальнейших исследований планируется разработать технологические режимы, позволяющие получить требуемое качество продукции с минимальной силой и мощностью на резание, при установленной производительности.

Библиографический список

Пижурин А.А. Исследования процессов деревообработки / А.А. Пижурин, М.С. Розенблит. М.: – Лесн. пром-сть, 1984. – 232 с

УДК 674.05

Гаранин В.Н. (БГТУ, г. Минск, Республика Беларусь)
garanin@wmt.by

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПОДВИЖНОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ФРЕЗ С ПРИВОДОМ МЕХАНИЗМА РЕЗАНИЯ СТАНКА ДЛЯ ОБРАБОТКИ ДРЕВЕСИНЫ

Теоретически исследовано влияние дополнительной степени подвижности насадной фрезы на формирование кинематических неровностей обработки.

Существует большое количество фрезерного инструмента для обработки древесины и древесных материалов [1]. Общее, что их объединяет, – наличие жесткой связи между инструментом и шпинделем станка. При получении методом фрезерования строганой поверхности при такой связи образуются вынужденные дефекты обработки – кинематические неровности, которые являются следствием «жесткой» кинематики (по циклоиде) взаимодействия режущего элемента инструмента с обрабатываемым материалом. Для получения поверхности лучшего качества при такой связи инструмента с приводом

необходимо либо снижать скорость подачи материала, что ведет к снижению производительности оборудования, либо повышать скорость резания, число резцов на цилиндрическом инструменте и диаметр инструмента, что ведет к повышению динамической нагрузки на элементы станка, усложнению конструкции и веса инструмента.

Задачей настоящей работы следует считать анализ способа установки инструмента на шпиндель станка, позволяющего повысить качество обработанной поверхности без снижения производительности оборудования, без увеличения и усложнения конструкции инструмента, а также без повышения скорости привода резания.

К наиболее распространенному способу установки цилиндрического фрезерного инструмента следует отнести способ, описанный в литературе [2]. Указанный способ установки насадных фрез на шпиндель станка предусматривает его крепление к шпинделю для передачи крутящего момента. Однако такое крепление инструмента приводит к циклоидной траектории взаимодействия режущих элементов с обрабатываемым материалом и, как результат, появлению дефектов в виде кинематических неровностей (рисунок 1).

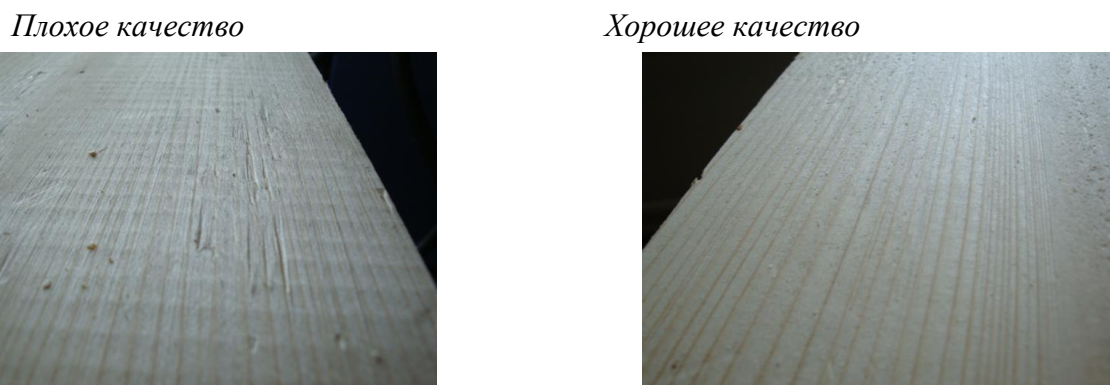


Рисунок 1 – Качество обработанных поверхностей методом цилиндрического фрезерования.

Для решения поставленной задачи предлагается использовать способ взаимодействия фрезерного инструмента с приводом станка, позволяющий разрушить «жесткую» циклоиду, по которой происходит формирование поверхности обработки фрезерованием. Для этого предлагается использовать дополнительную степень свободы вращения фрезерного инструмента (рисунок 2) относительно шпинделя станка, что в конечном итоге позволит обеспечить снижение высоты кинематических неровностей $H=R_{zmax}$ на величину ΔH (рисунок 3) и повысить качество обработанной поверхности.

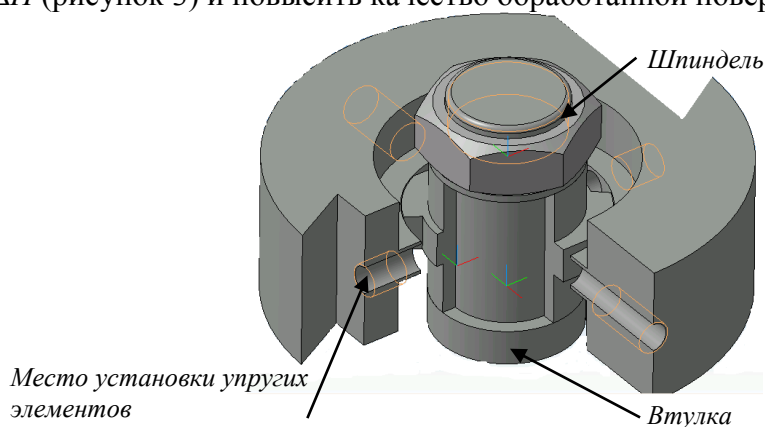


Рисунок 2 – Общий вид установки фрезы

Основная проблема при данном взаимодействии заключается в небольшом времени формирования поверхности обработки и высокой инерционности работающего инструмента. Хорошим решением в данной ситуации будет использование вынужденных колебаний, амплитуда которых не должна превышать угол φ_1 (рисунок 3). Причем благодаря возможности регулирования жесткости связи между приводным валом (шпинделем станка) и инструментом появляется возможность регулировать высоту кинематических неровностей, а также передаваемый крутящий момент режущему элементу.

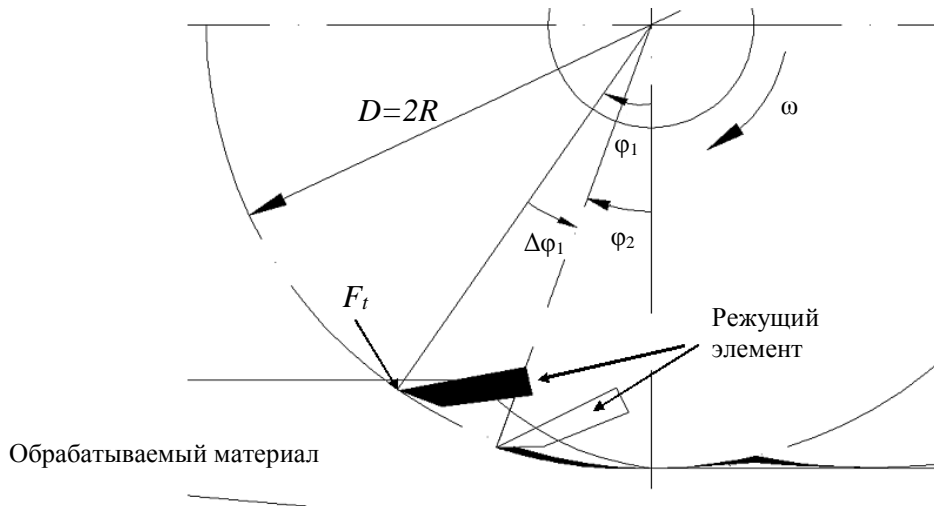


Рисунок 3 – Функциональная схема взаимодействия режущего элемента фрезы с обрабатываемым материалом

При запуске инструмента под действием инерционных сил указанный способ приведет к возможному относительному вращению инструмента относительно приводного вала. Это смещение можно снизить путем более медленного разгона инструмента или использования более жесткой пружины с ее предварительным натягом 4 (рисунок 1). После стабилизации холостого хода инструмент стабилизируется относительно первоначального положения относительно приводного вала.

Возможность изменения жесткости связи между инструментом и приводным валом (рисунок 2) позволяет регулировать амплитуду и частоту вращательных собственных колебаний инструмента относительно шпинделя станка. При проектировании инструмента для такой обработки материала необходимо стремиться к снижению осевого момента инерции инструмента относительно шпинделя станка, поскольку изменение угла φ_1 до величины φ_2 (рисунок 2) на дуге контакта напрямую зависит от инерционности фрезы.

В начале взаимодействия режущих элементов инструмента с обрабатываемым материалом под действием касательных сил сопротивления резанию F_t (рисунок 3) произойдет угловое смещение корпуса инструмента относительно приводного вала на $\Delta\varphi_1$. Это приведет к временному снижению скорости вращения инструмента ω с одной стороны и снижению высоты кинематических неровностей H , поскольку режущая кромка при взаимодействии с материалом будет описывать уже не «жесткую» циклоиду, а траекторию, более приближенную к прямой линии (рисунок 3).

Для определения влияния угла относительного поворота инструмента на высоту кинематических неровностей R_{zmax} воспользуемся приближенными зависимостями, полученными на основании анализа рисунка 4.

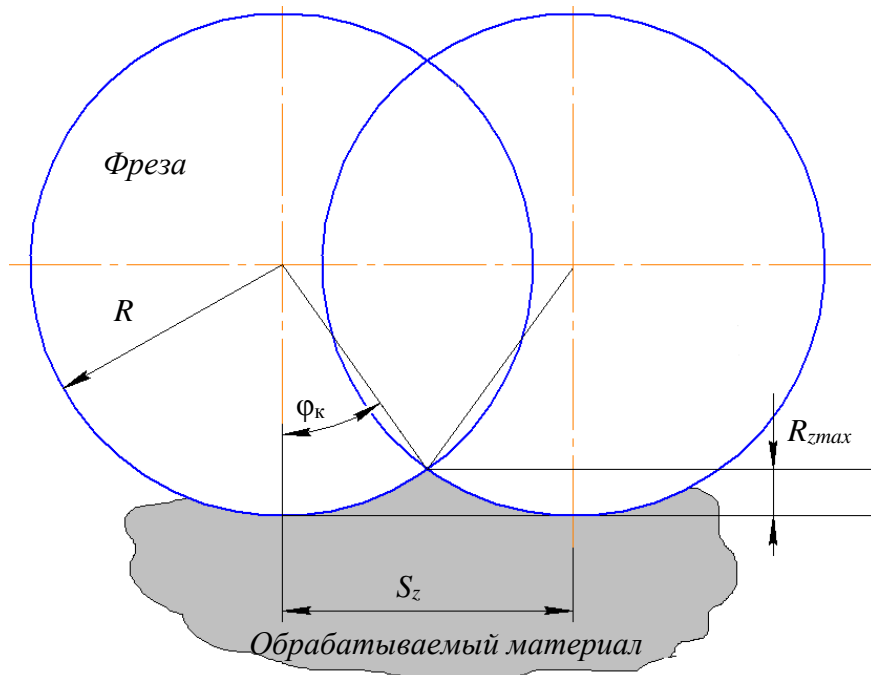


Рисунок 4 – Расчетная схема процесса цилиндрического фрезерования

Согласно источнику [3], существует упрощенная зависимость по определению высоты кинематических неровностей R_{zmax} , мм от технологических параметров процесса фрезерования.

$$R_{zmax} = \frac{S_z^2}{8R} \quad (1)$$

где R – радиус фрезерования, мм
 S_z – подача на зуб, мм

$$S_z = \frac{1000 \cdot V_s}{z \cdot n} \quad (2)$$

где V_s – скорость подачи материала, м/мин;
 z – количество режущих элементов, шт;
 n – частота вращения инструмента, мин⁻¹.

Указанные выше зависимости характерны для случая, когда существует «жесткое» соединение инструмента со шпинделем станка. При наличии еще одной степени свободы инструмента (дополнительное вращение относительно шпинделя на угол $\Delta\varphi$), угол φ_k , обозначающий высоту кинематической неровности (рисунок 4), снижается до $\varphi_{вых}$.

$$\varphi_{вых} = \varphi_e - \Delta\varphi \quad (3)$$

где φ_k – угол при «жестком» соединении инструмента со шпинделем станка, рад

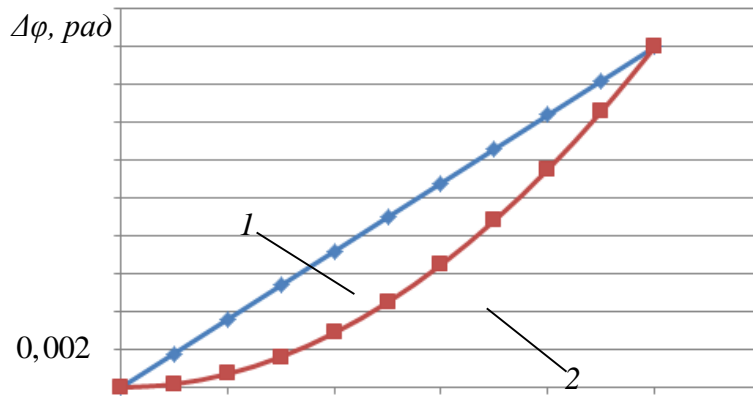
$$\varphi_e = \arcsin\left(\frac{S_z}{2R}\right) \quad (4)$$

В свою очередь, угол поворота инструмента относительно шпинделя станка $\Delta\varphi$ на дуге контакта может описываться различными зависимостями (рисунок 5), зависящими

от различных факторов. Цель данной работы не является исследование этих факторов, однако при определенных допущения можно сделать небольшой анализ.

С целью построения графиков, зададимся следующими технологическими данными процесса обработки древесины фрезерованием: $z = 2$; $D = 125$ мм; $V_s = 36$ м/мин; $n = 8000$ мин⁻¹.

Используем зависимости угла $\Delta\varphi$, представленные на рисунке 5.



$$1 - \Delta\varphi = \arcsin\left(\frac{S_z}{2R}\right) \cdot \frac{t}{T}; \quad 2 - \Delta\varphi = 1 - \cos\left(0,19 \cdot \frac{t}{T}\right) \quad t, \text{ с}$$

Рисунок 5 – Изменение относительного угла на дуге контакта

На рисунке 5 время T , с поворота ножа на угол φ_k определяется зависимостью

$$T = \frac{1}{\omega} \cdot \arcsin\left(\frac{S_z}{2R}\right) \quad (5)$$

Используя расчетную схему на рисунке 4 можно выразить следующую зависимость

$$R_{z\max} = R(1 - \cos \varphi_{\text{аио}}) \quad (6)$$

Представим на рисунке 6 кривые влияния характера угла поворота инструмента относительно шпинделя станка $\Delta\varphi$ на высоту кинематических неровностей $R_{z\max}$.

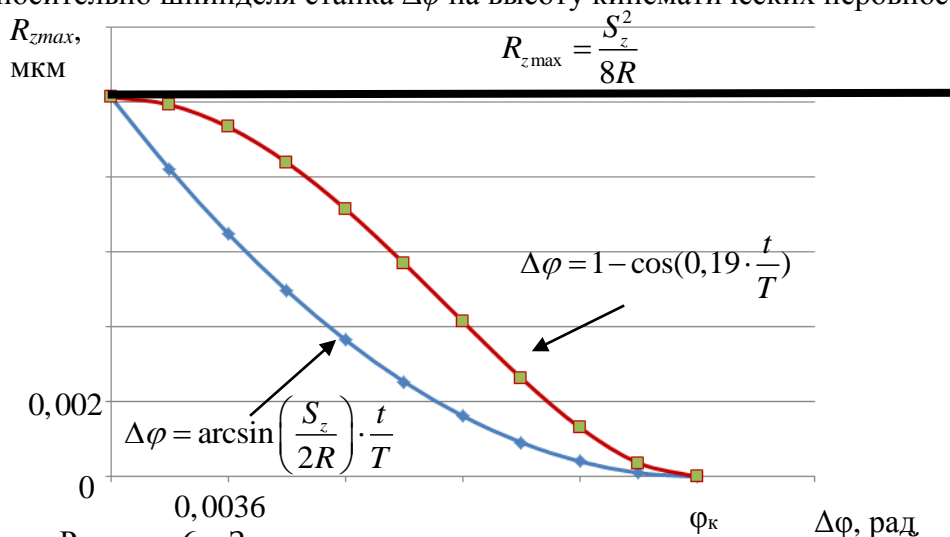


Рисунок 6 – Зависимость высоты кинематических неровностей от угла $\Delta\varphi$

На основании представленных данных можно сделать выводы, что независимо от характера изменения относительного угла $\Delta\varphi$ снижается величина R_{zmax} , что положительно сказывается на качестве получаемых поверхностей.

Предлагаемый способ взаимодействия фрезерного дереворежущего инструмента с приводом механизма резания станка позволяет теоретически повысить качество получаемых поверхностей без снижения производительности деревообрабатывающего оборудования. Однако при использовании предлагаемой технологии необходимо конструктивно обеспечить изменение жесткости системы инструмент – шпиндель станка. Это обосновано тем, что эффективность подвижного взаимодействия будет зависеть от физико-механических характеристик обрабатываемого материала, влияющих в конечном итоге на амплитуду колебаний рассматриваемой системы инструмент – шпиндель станка.

Все это дает основания для проведения дальнейших расчетов и лабораторных испытаний экспериментальных образцов насадного фрезерного инструмента с использованием нового способа подвижного взаимодействия с приводом механизма резания деревообрабатывающего оборудования.

Библиографический список

1. Каталоги фирм: Leitz, Leuco, Guhdo, Stehle, Faba, Freud. 2008–2009.
2. Швырев Ф. А., Зотов Г. А. Подготовка и эксплуатация дереворежущего инструмента: учеб. для профтехучилищ – 3-е изд., перераб. и доп. М.: Лесная пром-сть, 1979. 240 с.
3. Амалицкий, В. В. Оборудование отрасли : учебник / В. В. Амалицкий, Вит. В. Амалицкий. – М. ГОУ ВПО МГУЛ, 2006. – 584 с.

УДК 674.05

Глебов И.Т. (УГЛТУ, г. Екатеринбург, РФ)

ГЕОМЕТРИЯ СРЕЗАЕМОГО СЛОЯ ПРИ РЕЗАНИИ ДРЕВЕСИНЫ

Сделан вывод формул для расчета средней толщины срезаемого слоя при фрезеровании древесины. Проведен анализ полученных формул, показано их применение на примере. Сделаны выводы и показано, что применение предложенных формул позволит повысить точность расчета режимов фрезерования.

При раскрое и обработке древесных материалов на фрезерных станках с ЧПУ используются концевые фрезы диаметром $D = 10 \dots 30$ мм. При этом глубина фрезерования может быть равной или меньше диаметра фрезы. Толщина срезаемого слоя серповидной формы изменяется от нуля, когда фреза врезается в древесину, до максимального значения при угле контакта $\varphi = 90^\circ$ и снова до нуля при угле контакта $\varphi = 180^\circ$ (рис. 1).

При расчете режимов резания используют среднее значения толщины срезаемого слоя. По ней находят величину средней силы резания на дуге контакта, по ней находят угол встречи (перерезания) лезвий фрезы с волокнами древесины [1].

Мгновенное значение толщины срезаемого слоя находят по формуле:

$$a = S_z \sin \varphi, \quad (1)$$

где S_z – величина подачи на один зуб фрезы, мм;