

УДК 674.055:621.92

И. Т. Рогожникова, кандидат технических наук, доцент (УГЛТУ, г. Екатеринбург, Россия);**В. Г. Новосёлов**, кандидат технических наук, доцент,
заведующий кафедрой (УГЛТУ, г. Екатеринбург, Россия)**ОБ УЧАСТИИ ЛЕЗВИЙ МНОГОЛЕЗВИЙНОГО ИНСТРУМЕНТА
В ФОРМИРОВАНИИ ПОВЕРХНОСТИ ПРИ ФРЕЗЕРОВАНИИ ДРЕВЕСИНЫ**

Шероховатость получаемой поверхности при продольном цилиндрическом фрезеровании формируется совокупностью кинематической волнистости и неровностей разрушения древесины. При неодинаковых радиусах резания отдельные резцы могут не принимать участия в окончательном формировании поверхности. Важно знать, будут ли в этом случае лезвия с меньшим радиусом участвовать в процессе срезания стружки. Проведено теоретическое исследование и получена формула допускаемой разности радиусов резания резцов, сформулированы условия участия лезвий многолезвийного инструмента в формировании обработанной поверхности древесины: режут и формуют все резцы; все резцы режут, хотя формуют не все; некоторые резцы режут, хотя формуют один; один резец режет и формует.

The roughness of a received surface at longitudinal cylindrical milling is shaped by set of a kinematic sinuosity and roughnesses of destruction of wood. At unequal radiuses of cutting separate cutters can not accept participation in final formation of a surface. Whether important know there will be in this case edges with smaller radius to participate during cutting a shear. Carried out theoretical research and the formula of a supposed difference of radiuses of cutting of cutters is received. Conditions of participation of edges many bladed the tool in formation of the processed surface of wood are stated: cut and shape all cutters; cutters cut all, though shape not all; some cutters cut, though shape one; one cutter cuts and shape.

Введение. Качество обработки древесины определяется шероховатостью получаемой поверхности, которая при продольном цилиндрическим фрезерованием формируется совокупностью кинематической волнистости и неровностей разрушения древесины.

Основная часть. В работе Б. М. Буглая [1] рассмотрены вопросы образования кинематической волнистости и влияния радиуса резания резцов на формирование поверхности древесины. При неодинаковых радиусах резания резцы оставляют неодинаковые по длине волны. При определенной разнице радиуса резания отдельные резцы могут не принимать участия в окончательном формировании поверхности. В крайнем случае, поверхность может формироваться только одним, наиболее выступающим резцом. В этом случае минимальная разница радиусов резания, при которой лезвие перестает касаться волны, оставленной наиболее выступающим лезвием, определяется по известной формуле [1]:

$$\Delta R = R_1 - \sqrt{R_1^2 + S_n^2 \frac{\omega}{360} \left(\frac{\omega}{360} - 1 \right)}, \quad (1)$$

где R_1 – радиус резания наиболее выступающим лезвием фрезы, мм; S_n – подача на оборот фрезы, мм; ω – центральный угол, заключенный между наиболее выступающим резцом и рассматриваемым, град.

Наибольшая допустимая величина разности радиуса резания резцов соответствует центральному углу $\omega = 180^\circ$. При величине подачи

на один зуб 0,5 мм, глубине резания 2,5 мм, номинальном (максимальном) радиусе резания 75 мм и количестве лезвий фрезы 2 эта разность составит 0,001667 мм. Если разность радиусов окажется больше, чем определенная по формуле (1), то второй резец не будет участвовать в формировании кинематической волнистости. Однако данный резец может участвовать в процессе резания.

В работах Ф. М. Манжоса [2], В. И. Любченко [3] отмечается, что для уменьшения шероховатости поверхности в общем случае требуетсяряду с увеличением скорости резания и числа резцов соблюдать высокую точность радиуса резания резцов. Утверждается также, что при установке ножей необходимо, чтобы радиус резания лезвий всех ножей в любом сечении ножевого вала отличался не более чем на 0,05–0,10 мм.

Увеличение радиуса резания резца приводит к тому, что второй нож будет принимать участие в формировании поверхности, хотя будет срезать слои в толще снимаемого припуска. Критический момент наступит, когда на поверхности будут волны, оставленные только одним резцом.

В работе [4] А. Э. Грубе также утверждает, что для совпадения или максимального приближения траектории движения второго ножа необходимо, чтобы радиус его резания отличался от радиуса резания первого ножа менее чем на 0,008 мм. При этих условиях второй нож оставит след на поверхности обработки. Однако, как утверждает автор, поскольку точность

установки ножей в лучшем случае составляет практически 0,05 мм, то второй нож следа на поверхности обработки не оставит, а след будет оставлен одним, наиболее выступающим лезвием.

В связи с этим возникает вопрос: а будут ли в случае невыполнения условия, определенного формулой (1), лезвия с меньшим радиусом участвовать в процессе срезания стружки? Это важно знать, так как процесс резания связан с возникающими силами технологического сопротивления (резания), он определяет механическую прочность и износостойкость инструмента, влияет на шумообразование и вибрацию в деревообрабатывающих станках.

Идеально точного расположения ножей фрезы достигнуть сложно. Существует четыре случая участия резцов многозубой фрезы в формообразовании обрабатываемой поверхности:

- режут и формообразуют все резцы;
- все резцы режут, хотя формообразуют не все резцы;
- некоторые резцы режут, хотя формообразует один резец;
- один резец режет и формообразует.

Первому случаю соответствует условие, определяемое формулой (1). Рассмотрим схему образования поверхности при продольном цилиндрическом фрезеровании двухзубой фрезой (рис. 1).

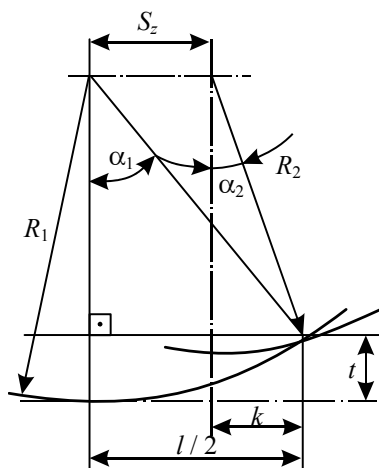


Рис. 1. Схема образования поверхности

Расстояние, которое пройдет ось вращения фрезы за время, соответствующее центральному углу между зубьями, будет равно подаче на зуб S_z .

При глубине резания t траектория, описываемая резцом с радиусом R_2 , коснется поверхности, образованной резцом с радиусом R_1 , в точке его выхода из древесины.

Из рис. 1 следует, что

$$\cos \alpha_1 = \frac{R_1 - t}{R_1}, \quad (2)$$

и

$$\cos \alpha_2 = \frac{R_1 - t}{R_2}. \quad (3)$$

После ряда преобразований получаем

$$R_2 = R_1 \frac{\cos \alpha_1}{\cos \alpha_2}. \quad (4)$$

Из рис. 1 также следует, что

$$\operatorname{tg} \alpha_2 = \frac{k}{R_1 - t}, \quad (5)$$

где k — разница между полудлиной волны и подачей на зуб S_z .

Тогда

$$\operatorname{tg} \alpha_2 = \frac{k}{R_1 - t} = \frac{\sqrt{2tR_1} - S_z}{R_1 - t}. \quad (6)$$

Из тригонометрии, при малых значениях положительных углов, имеем

$$\cos \alpha_2 = \frac{1}{\sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 \alpha_2}}. \quad (7)$$

После всех подстановок получим

$$\Delta R = R_1 \left[1 - \left(1 - \frac{t}{R_1} \right) \sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 \alpha_2} \right]. \quad (8)$$

При номинальном значении радиуса резания 75 мм, подаче на зуб 0,5 мм, глубине срезаемого слоя 2,5 мм минимальная разница радиусов резания, при которой оно осуществляется одним резцом, составит 0,086 мм. При меньшей разнице в работу по срезанию стружки будут вовлечены оба резца.

Объемная диаграмма разности радиусов резания представлена на рис. 2.

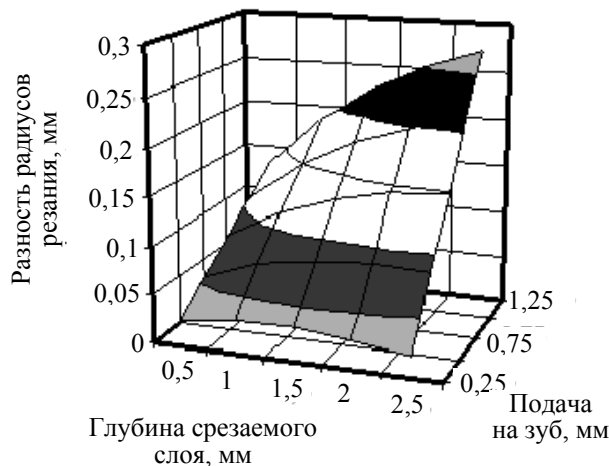


Рис. 2. Объемная диаграмма разности радиусов резания

Таким образом, имеющиеся рекомендации по разнице радиуса резания резцов в пределах 0,05 мм можно признать обоснованными при данных параметрах с точки зрения участия лезвий в работе по превращению снимаемого слоя древесины в стружку. Однако эта разность слишком велика, чтобы второе лезвие оставило след на сформированной поверхности обработки. В настоящее время на продольно-фрезерных станках используются многозубые ($Z \geq 2$) фрезы. Резание одним резцом в этом случае будет происходить, если за время прохождения всех других резцов ни одна из их траекторий не пересечет образованную им поверхность резания.

Учитывая, что наибольшая допустимая величина разности радиуса резания резцов соответствует центральному углу $\omega = 180^\circ$, с достаточной точностью можно сформулировать следующие условия участия лезвий многолезвийного инструмента в формировании обработанной поверхности древесины.

1. Режут и формообразуют все резцы, если для каждого резца радиус резания R_i находится в диапазоне

$$R_1 \geq R_i > R_1 - \Delta R, \quad (9)$$

где R_1 – радиус резания наиболее выступающего резца; ΔR – разность радиусов резания, при которой лезвие перестает касаться волны, оставленной наиболее выступающим лезвием, определяется по формуле (1).

2. Все резцы режут, хотя формообразуют не все резцы:

$$R_1 - \Delta R \geq R_i > R_2, \quad (10)$$

где R_2 – радиус резца, определяемый по формуле (4).

3. Некоторые резцы режут, хотя формообразует один резец:

$$R_1 - \Delta R > R_i \geq R_2. \quad (11)$$

4. Один резец режет и формообразует

$$R_i < R_2, i \neq 1. \quad (12)$$

Следует отметить, что как в методике Б. М. Буглая [1], так и в предлагаемом расчете система СПИД принята абсолютно жесткой, и не учитываются ее упругие и температурные деформации, безусловно, влияющие на кинематику процесса резания и на формирование обработанной поверхности. Этот вопрос требует дальнейшего изучения и учета.

Заключение. 1. Требования к точности совпадения радиусов резания резцов с точки зрения обеспечения участия в формировании поверхности и с точки зрения участия в процессе стружкообразования отличаются более чем на порядок в сторону последних.

2. Принятая на практике точность установки лезвий сборных фрез до 0,05 мм является теоретически обоснованной с точки зрения их участия в процессе стружкообразования.

3. Для более точного определения условий участия лезвий в формировании поверхности и в процессе стружкообразования необходимо дополнительно рассмотреть и учесть деформации системы СПИД.

Литература

1. Буглай, Б. М. Исследования и нормализация чистоты поверхности древесины: дис ... д-ра техн. наук: в 2 т. / Б. М. Буглай. – М., 1957. – Т. I. – 356 л.; Т. II. – 356 л.
2. Манжос, Ф. М. Настройка дереворежущих станков / Ф. М. Манжос. – М.: Гослесбумиздат, 1955. – 104 с.
3. Любченко, В. И. Резание древесины и древесных материалов: учеб. пособие для вузов / В. И. Любченко. – М.: Лесная пром-сть, 1989. – 296 с.
4. Грубе, А. Э. Дереворежущие инструменты / А. Э. Грубе. – М.: Лесная пром-сть, 1971. – 344 с.

Поступила 25.02.2013