

- среднего диаметра окружности резания D_{cp} , мм;
- средней скорости главного движения V_{cp} , м/с;
- угла наклона режущей кромки к волокнам древесины, $\varphi_n = 45^\circ$;
- угла контакта режущей кромки с древесиной φ_k , град.;
- угла скоса режущей кромки с волокнами древесины φ_c , град.;
- средней толщины срезаемого слоя a_c , мм;
- длины дуги контакта, мм:

$$l_k = \sqrt{t_{cp} D_{cp}} ;$$

- прироста радиуса закругления режущей кромки за период стойкости, мкм:

$$\Delta \rho = \gamma \Delta l_k n T K_n K_u / 1000 .$$

2. Для древесины **сосны** с влажностью 12% находятся значения фиктивной силы резания p , Н/мм, и касательного давления k , МПа, по формулам (62) и (63).
3. Находится значение коэффициента затупления α_p .
4. Определяется значение касательной силы резания на дуге контакта одним зубом, Н:

$$F_{xзуб} = a_n a_w (\alpha_p p + k a_c) b .$$

5. Находится средняя окружная касательная сила резания, Н:

$$F_x = F_{xзуб} \frac{\pi D_{cp}}{z l_k} .$$

6. Рассчитывается величина мощности механизма главного движения, кВт:

$$P = \frac{F_x V_{cp}}{1000} .$$

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Глебов И.Т. Резание древесины: Избранные лекции [Текст]/ И.Т. Глебов. Екатеринбург, УГЛТУ, 2005. – 98 с.
2. Глебов И.Т. Резание древесины [Текст]/ И.Т. Глебов. Екатеринбург, УГЛТУ, 2001. – 151 с.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ШЕРОХОВАТОСТИ ФРЕЗЕРОВАННОЙ ПОВЕРХНОСТИ ПО РАДИУСАМ ЛЕЗВИЙ

Глебов И.Т. (УГЛТУ, г. Екатеринбург, РФ), GIT5@yandex.ru

Definition of a roughness of the milled surface on radiuses of edges of a mill

Шероховатость поверхности, полученной при цилиндрическом фрезеровании, обычно определяют по длине волны, которую принимают равной величине подачи за один оборот фрезы. Такой способ не учитывает точность радиусов режущих кромок зубьев фрезы, и поэтому считаются приближенными. Неточность радиусов лезвий фрез, т.е. отклонение от общей окружности резания, обычно не превосходит 0,1 мм, хотя при грубой установке ножей по бруску достигает 0,15 мм.

В статье предлагается новый способ определения шероховатости, основанный на расчете высоты гребней кинематических волн, образуемых на обработанной поверхности.

Пусть для продольного цилиндрического фрезерования используется четырехзубая цилиндрическая фреза, режущие кромки зубьев которой расположены на окружностях различных радиусов. При этом $R_1 > R_2 > R_4 > R_3$. Расчетная схема формирования поверхности при подаче за один оборот фрезы S_o показана на рисунке 1.

В связи с этим в нижеприведенных выводах принято допущение, что режущие кромки зубьев перемещаются в древесине по дуге окружности.

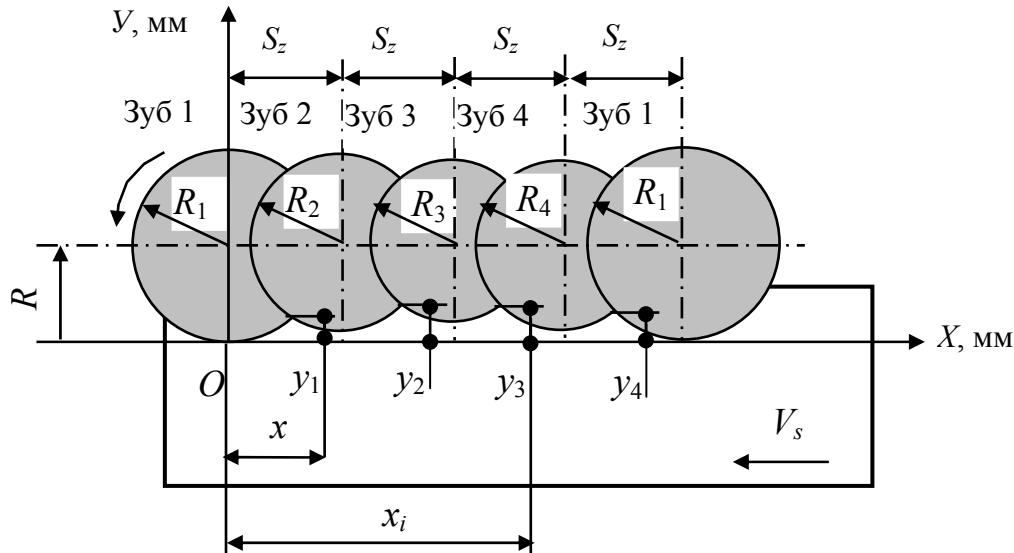


Рисунок 1 – Формирование кинематических волн на обработанной поверхности

Проведем оси координат XOY . Ось OX проведем касательно к окружности самого большого радиуса R_1 , а ось OY – через центр окружности с радиусом R_1 . Центр вращения фрезы установим на расстоянии R от оси OX ($R = R_1$) [1].

При вращении фрезы и надвигании на нее заготовки с подачей на зуб S_z смежные зубья образуют на заготовке гребни волн, высотой относительно оси OX y_1, y_2, y_3, y_4 . Максимальная высота гребня относительно оси OX на участке подачи за один оборот фрезы характеризует шероховатость обработанной поверхности.

Для определения высоты гребня достаточно написать уравнения смежных окружностей и найти точку их пересечения.

Уравнения окружностей для зубьев 1 и 2 с радиусами вращения R_1 и R_2 :

$$\begin{cases} (x-0)^2 + (y-R)^2 = R_1^2, & (1) \end{cases}$$

$$\begin{cases} (x-S_z)^2 + (y-R)^2 = R_2^2. & (2) \end{cases}$$

Решая систему уравнений получим

$$x = \frac{(R_1 - R_2)(R_1 + R_2) + S_z^2}{2S_z}. \quad (3)$$

Координаты последующих гребней по оси X

$$x_i = S_z(i-1) + x, \quad (4)$$

где i – номер зуба фрезы.

Высота гребня

$$y = R - \sqrt{R_1^2 - \left[\frac{S_z}{2} + \frac{(R_1 - R_2)(R_1 + R_2)}{2S_z} \right]^2}. \quad (5)$$

Проведем анализ формирования шероховатости фрезерованной поверхности. Для этого рассмотрим различные условия фрезерования.

1. Фрезы имеют одинаковые радиусы лезвий. Рассмотрим случай, когда радиусы всех лезвий равны $R_1 = R_2 = R_3 = R_4 = 70$ мм. По формулам (4), (5) находим следующие значения y и x_i при подаче на зуб $S_z = 2$ мм:

y , мм	0,007	0,007	0,007	0,007
x_i , мм	1	3	5	7

При подаче на зуб $S_z = 7,5$ мм:

y , мм	0,101	0,101	0,101	0,101
x_i , мм	3,75	11,25	18,75	26,25

Для случая $R_1 = R_2 = R_3 = R_4 = 25$ мм и $S_z = 2$ мм:

y , мм	0,020	0,020	0,020	0,020
x_i , мм	1	3	5	7

При подаче на зуб $S_z = 7,5$ мм:

y , мм	0,283	0,283	0,283	0,283
x_i , мм	3,75	11,25	18,75	26,25

Из полученных данных следует, что для фрез с одинаковыми радиусами лезвий высота гребней кинематических волн зависит от значений подачи на зуб и радиуса фрезы. Фрезы небольшого диаметра оставляют на обработанной поверхности более высокие гребни волн. Гребни волн расположены на середине соответствующего участка подачи на зуб.

2. Влияние неточности радиусов лезвий. Пусть для фрезы диаметром 140 мм радиусы лезвий равны $R = R_1 = 70,06$ мм, $R_2 = 70,00$ мм, $R_3 = 69,96$ мм, $R_4 = 70,02$ мм. Неточность радиусов лезвий равна 0,1 мм.

По формулам (4) – (5) находим координаты гребней кинематических волн при подаче на зуб $S_z = 2$ мм:

y , мм	0,069	0,101	0,109	0,041
x_i , мм	3,1	4,4	2,9	5,6

Если бы $R_1 = R_2 = R_3 = R_4$, то x_i приняло бы значения соответственно 1, 3, 5, 7 мм. Для условий примера гребни сгруппировались на середине участка подачи за оборот фрезы (рисунок 2, а). Основную работу по срезанию стружек выполняют лезвия 1 и 4 с самыми большими радиусами. Эти лезвия быстрее изнашиваются, затупляются и приводят к отказу технологической системы по параметрам “точность” и “шероховатость”.

Самое короткое лезвие 3 почти не взаимодействует с заготовкой. Оно медленнее изнашивается и долгое время остается острым. Таким образом, неточное расположение режущих кромок по радиусу вызывает неравномерную загрузку лезвий работой и является причиной отказов технологической системы по параметрам “точность” и “шероховатость”. Таким образом, неточность радиусов лезвий фрезы сильно влияет на шероховатость обработанной поверхности.

Попробуем растянуть график рисунка 2,а по оси x_i , построив его по расчетным данным для подачи на зуб $S_z = 3$ мм. Расчетные значения координат гребней волн для $S_z = 3$ мм получились следующие:

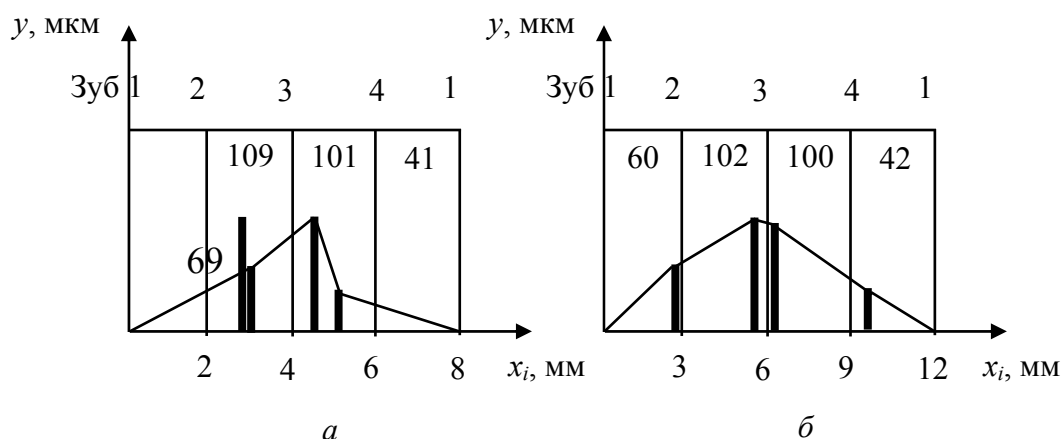


Рисунок 2 – Гребни на фрезерованной поверхности:

$a - S_z = 2$ мм; $b - S_z = 3$ мм

y , мм	0,06	0,102	0,100	0,042
x_i , мм	2,9	5,4	6,1	9,6
Границы S_z	3	6	9	12

Из полученных данных видно, что высота гребней волн почти не изменилась, шероховатость поверхности не ухудшилась. При этом изменилось положение гребней по оси x_i . Гребни расположились более равномерно, каждый гребень находится на участке своего значения подачи на зуб. Сейчас уже каждое лезвие принимает участие в формировании фрезерованной поверхности, хотя и не в одинаковой степени.

Если еще более увеличить подачу на зуб, например до $S_z = 7,5$ мм, то получим следующие результаты:

y , мм	0,133	0,182	0,173	0,121
x_i , мм	4,3	11,6	18,2	25,9
Границы S_z	7,5	15	22,5	30
Середины отрезков S_z	3,75	11,25	18,75	26,25

Шероховатость поверхности значительно ухудшилась. При этом гребни волн расположились почти на серединах соответствующих им отрезках подачи на зуб. Загруженность лезвий при работе выровнялась. Износ и затупление всех лезвий стал рав-

номерным. Если ухудшение шероховатости поверхности не имеет существенного значения, то такой режим резания можно считать более благоприятным для работы фрезы.

3. Влияние точности крепления насадной фрезы на качество обработки.

Часто насадную фрезу крепят на шпинделе станка с помощью втулок и гайки. При этом фрезу устанавливают на шпинделе с посадкой $H7/h6$. Эта посадка образована полями допусков основного вала и основного отверстия. Поле допуска посадочного отверстия диаметром 32...50 мм с основным отклонением H по качеству 7 равно 25 мкм. Поле допуска вала того же диаметра с основным отклонением $h6$ равно 16 мкм. Наибольший зазор в посадке равен сумме допусков вала и отверстия, т.е. 41 мкм.

Если при креплении фреза будет зафиксирована эксцентрично, то радиус первого лезвия увеличится на 0,041 мм, а радиус противоположного третьего лезвия уменьшится на 0,041 мм. Радиусы ранее принятой фрезы будут равны: 70,101 – 70,0 – 69,919 – 70,02 мм. Для $S_z = 4$ мм получим

y , мм	0,101	0,184	0,182	0,083
x_i , мм	3,8	7,4	8,2	12,6
Границы S_z	4	8	12	16

4. Влияние диаметра фрезы при неточности радиусов лезвий 0,1 мм. Если погрешности значений радиусов лезвий оставить неизменными, а диаметры фрез изменять по величине, то для четырехзубой фрезы можно получить на обработанной поверхности высоту гребней волн

y , мм: 0,060; 0,102; 0,100; 0,042
 при следующих условиях: $D = 60$ мм при $S_z = 1,9$ мм; $D = 80$ мм при $S_z = 2,0$ мм; $D = 100$ мм при $S_z = 2,5$ мм; $D = 120; 140$ мм при $S_z = 3$ мм; $D = 160; 180; 200$ мм при $S_z = 3,5$ мм. Таким образом, с увеличением диаметра фрезы подачу на зуб S_z можно увеличить.

Практические рекомендации

Основным фактором, влияющим на шероховатость поверхности, обработанной при цилиндрическом фрезеровании, является неточность радиусов режущих кромок лезвий. Погрешность расположения режущих кромок фрезы можно устранить путем прифуговки лезвий и использования гидравлического способа крепления фрезы на шпинделе станка.

В этом случае при известном требовании к шероховатости обработанной поверхности важно знать допустимую величину погрешности радиусов лезвий. Решая уравнение (5) относительно погрешности величины радиусов $\Delta = R_1 - R_2$, при $R_1 - R$ получим

$$\Delta = R_1 - \sqrt{R_1^2 + S_z^2 - 2S_z \sqrt{2R_1 y - y^2}}, \tag{6}$$

где Δ – допустимая погрешность радиусов положения режущих кромок, мм;
 y – высота гребня кинематической волны равная $R_m \max$, мм.

Значения Δ , рассчитанные по формуле (6), приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Максимальные значения допустимых отклонений радиусов зубьев цилиндрических фрез $\Delta = R_1 - R_i$, для получения заданной шероховатости поверхности

y = R _{m max} , мм	Диаметры фрез, мм				
	80	100	125	140	180
Sz, = 1,0 мм					
0,0063	0,005	0,006	0,006	0,006	0,006
0,0125	0,012	0,012	0,012	0,012	0,011
0,025	0,023	0,022	0,020	0,020	0,018
0,050	0,038	0,035	0,032	0,031	0,028
0,1	0,058	0,053	0,049	0,046	0,042
0,2	0,087	0,079	0,072	0,068	0,061
0,4	0,129	0,116	0,105	0,100	0,089
Sz, = 1,5 мм					
0,0063	0,0	0,001	0,003	0,004	0,005
0,0125	0,009	0,011	0,012	0,012	0,012
0,025	0,025	0,025	0,024	0,024	0,023
0,050	0,047	0,045	0,042	0,041	0,038
0,1	0,078	0,072	0,067	0,064	0,058
0,2	0,122	0,112	0,102	0,097	0,087
0,4	0,184	0,167	0,152	0,144	0,129

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

Глебов И.Т. Исследование шероховатости фрезерованной поверхности древесины // Деревообрабатывающая пром-сть. – 2006.– №3. – С. 11-12.

СИНТЕЗ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ГИДРОПРИВОДА МЕХАНИЗМА РЕЗАНИЯ РОТОРНОГО ОКОРОЧНОГО СТАНКА В СИСТЕМЕ MATLAB

Берстенов А.В., Побединский В.В.
(УГЛТУ, г.Екатеринбург, РФ) nto@krovtrade.ru

SYNTHESIS OF MATHEMATICAL MODEL OF A HYDRODRIVE OF THE MECHANISM OF CUTTING THE ROTARY DEBARKING MACHINE IN MATLAB ENVIRONMENT

Разработка сложной системы гидропривода короснимателя роторного окорочного станка требует на начальном этапе проведения математического моделирования для определения основных параметров системы. Подробное описание математической мо-