

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОДАЧИ НА ЗУБ ПО ШЕРОХОВАТОСТИ ФРЕЗЕРОВАННОЙ ПОВЕРХНОСТИ

Глебов И.Т.

На обработанной методом фрезерования поверхности различают макронеровности, неровности с нерегулируемым и регулируемым шагом.

Макронеровности представляют собой отклонения поверхности от заданной геометрической формы (выпуклость и вогнутость для плоскостей).

К неровностям с нерегулируемым шагом относятся разнообразные неровности, образованные при разрушении древесины или при вибрации. К ним относятся ворсистость и мшистость, вырывы, заколы (углубления по границе годичного слоя).

К неровностям с регулируемым шагом относятся неровности упругого восстановления и кинематическая волнистость.

Неровности с нерегулируемым шагом можно прогнозировать, используя экспериментальные данные, а кинематическую волнистость можно рассчитать.

Координаты гребней кинематических волн можно определить по следующим уравнениям [1]:

$$y_i = R - \sqrt{R_{1i}^2 - \left[\frac{S_z}{2} + \frac{\Delta(2R_{1i} - \Delta)}{2S_z} \right]^2}, \quad (1)$$

$$x_i = S_z(i-1) + \frac{\Delta(2R_{1i} - \Delta)}{2S_z} + \frac{S_z}{2}, \quad (2)$$

где y - высота гребня, мм;

x - абсцисса гребня, мм;

S_z - подача на зуб, мм;

i - номер пары зубьев;

Δ - неточность размеров радиусов, мм; $\Delta = \Delta_{1i-2i} = R_{1i} - R_{2i}$.

Пример 1. 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.

Требуется определить координаты гребней волн и шероховатость фрезерованной поверхности.

Исходные данные и расчеты рекомендуется представить в виде табл.

1.

Таблица 1. Форма расчета координат гребней волн

Радиусы пары зубьев	$R_1...R_2$	$R_2...R_3$	$R_3...R_4$	$R_4...R_1$
Подача на зуб, мм	2	2	2	2
Максимальный радиус фрезы, мм	70,06	70,06	70,06	70,06
Радиусы лезвий в паре:				
R_{1i} , мм	70,06	70,0	69,96	70,02
R_{2i} , мм	70,0	69,96	70,02	70,06
Погрешность в паре лезвий, $\Delta i = R_{1i} - R_{2i}$, мм	0,06	0,04	-0,06	-0,04
Порядковый номер пары, i	1	2	3	4
Высота гребней по (1), y_i , мм	0,069	0,101	0,109	0,041
Абсцисса гребней по (2), x_i , мм	3,1	4,4	2,9	5,6

Шероховатость поверхности $R_{m \max} = 101$ мкм.

При решении обратных задач необходимо найти значение подачи на зуб по заданной шероховатости поверхности, а также диаметр фрезы и допустимую погрешность радиусов лезвий.

Если радиусы всех лезвий фрезы одинаковы, неточность их $\Delta=0$, то из формулы (1) следует, что при $R=R_1$ подача на зуб, мм

$$S_z = 2\sqrt{y(2R - y)} \quad (3)$$

Кроме того, из (1) следует

$$S_z = \sqrt{y(2R - y)} + \sqrt{y(2R - y) - \Delta(2R - \Delta)} \quad (4)$$

Отсюда можно сделать два вывода. **Во-первых**, неточность радиусов Δ фрезы не должна превышать высоту гребней кинематических волн y . **Во-вторых**, значение подачи на зуб складывается из двух слагаемых. Первое из них равно половине максимального значения S_z при $\Delta=0$, а второе меньше первого с поправкой на погрешность длин радиусов Δ .

Исследованиями Ф.М. Манжоса установлено, что при установке ножей в ножевые валы или ножевые головки радиусы резания отдельных режущих кромок отличаются друг от друга на величину 0,07...0,15 мм. Прифуговка лезвий уменьшает неточность расположения режущих кромок, после чего $\Delta=0,04...0,06$ мм.

В табл. 2 приведены значения подачи на зуб, полученные по формуле (4). Максимальное значение S_z получено при $\Delta=0$, минимальное - при $\Delta=y$.

Таблица 2. Предельные значения подачи на зуб при цилиндрическом фрезеровании древесины

Высота неровности й $R_{m \max}$, МКМ	Значения подачи на зуб S_z , мм, при диаметре окружности резания D , мм							
	60	80	100	120	140	160	180	200
6,3	0,6/1,2	0,7/1,4	0,8/1,6	0,9/1,7	0,9/1,9	1,0/2,0	1,1/2,1	1,1/2,2
12,5	0,9/1,7	1,1/2,0	1,2/2,2	1,3/2,4	1,4/2,6	1,5/2,8	1,6/3,0	1,7/3,2
25	1,3/2,4	1,5/2,8	1,7/3,2	1,8/3,5	2,0/3,7	2,1/4,0	2,3/4,2	2,4/4,5
50	1,7/3,5	2,1/4,0	2,3/4,5	2,6/4,9	2,8/5,3	3,0/5,7	3,1/6,0	3,3/6,3
100	2,4/4,9	2,8/5,7	3,2/6,3	3,5/6,9	3,9/7,5	4,1/8,0	4,4/8,5	4,6/8,9
200	3,7/6,9	4,3/8,0	4,8/8,9	5,2/9,8	5,7/10,6	6,1/11,3	6,4/12,0	6,8/12,6
400	5,1/9,8	5,9/11, 3	6,6/12, 6	7,3/13,8	7,8/14,9	7,4/16,0	8,9/17,0	9,4/17,9
800	6,9/13, 8	8,2/15, 9	9,2/17, 8	10,1/19, 5	10,9/21, 1	11,7/22, 6	12,4/23, 9	13,1/25, 2

Чтобы получить высоту гребней волн на фрезерованной поверхности, соответствующую шероховатости $R_{m \max} < 50$ мкм, необходимо выполнить следующие условия:

- лезвия фрезы должны быть прифугованы так, чтобы погрешность их радиусов не превышала значение заданной шероховатости;

- фреза должна быть снабжена гидравлическим устройством для крепления ее на шпинделе станка. В этом случае удастся более точно совместить геометрические оси фрезы и шпинделя. Если при механическом креплении фрезы максимальный зазор вала в посадочном отверстии (при посадке H7/h6) достигает 41 мкм, то при гидравлическом креплении - 5 мкм.

Для получения шероховатости $R_{m \max} > 50$ мкм важно, чтобы погрешность радиусов лезвий не превосходила значение заданной шероховатости.

Заданную шероховатость фрезерованной поверхности можно получить любой фрезой. При этом, чем больше диаметр фрезы, тем больше допускается значение подачи на зуб, тем выше производительность процесса фрезерования. С другой стороны, чем больше диаметр фрезы, тем

длиннее дуга контакта лезвия фрезы с заготовкой, тем быстрее лезвия тупятся, изнашиваются, в результате чего увеличиваются энергозатраты на фрезерование. Таким образом, выбор диаметра фрезы делается не просто, а компромиссно с учетом допустимых ограничений.

Пример 2. На фуговальном станке с диаметром окружности резания ножевого вала $D = 128$ мм требуется обработать заготовки с шероховатостью по кинематической волнистости $R_{m \max} = 25$ мкм.

Определить значение подачи на зуб.

Решение. Приняв погрешность радиусов лезвий $\Delta = 0,025$ мм

$$S_z = \sqrt{y(2R - y)} + \sqrt{y(2R - y) - \Delta(2R - \Delta)} = \\ = \sqrt{0,025(2 \cdot 64 - 0,025)} + \sqrt{0,025(2 \cdot 64 - 0,025) - 0,025(2 \cdot 64 - 0,025)} = 1,8 \text{ мм.}$$

Пример 3. Заготовки обрабатываются на станке фрезой диаметром $D = 140$ мм с подачей на зуб $S_z = 4$ мм.

Определить шероховатость поверхности по высоте волн.

Решение. Из табл. 2 следует, что при заданном режиме работы станка шероховатость может быть в диапазоне 50...100 мкм. Приняв $\Delta = 0,05$ мм, $R = R_1$, по формуле (1) уточним значение высоты гребней волн

$$y_i = 70 - \sqrt{70 - \left[\frac{4}{2} + \frac{0,05(2 \cdot 70 - 0,05)}{2 \cdot 4} \right]^2} = 0,059 \text{ мм.}$$

Для того, чтобы режущие кромки лезвий фрезы затуплялись с одинаковой скоростью, необходимо, чтобы лезвия были загружены работой одинаково. Для этого необходимо, чтобы гребни волн были расположены на участке подачи на зуб, относящемся к данному лезвию. Из формулы (2) можно записать квадратное уравнение

$$S_z^2 - 2KS_z^2 + \Delta(2R_1 - \Delta) = 0,$$

где $K = x/S_z$, $0 \leq K \leq 1$.

Отсюда

$$S_z = \sqrt{\frac{\Delta(2R_1 - \Delta)}{2K - 1}} \quad (5)$$

Из (5) следует:

- при положительном значении погрешности Δ $0,5 < K \leq 1$;
- при отрицательном значении погрешности Δ $0 \leq K < 0,5$.

Пример 4. Заготовки обрабатываются фрезой диаметром $D = 140$ мм. Требуемая шероховатость обработанной поверхности $R_{m \max} = 50$ мкм и $R_{m \max} = 100$ мкм.

Определить шероховатость поверхности по высоте волн.

Решение.

1. Принимаем погрешность радиусов лезвий $\Delta = 0,04$ мм.

2. По формуле (4) для получения $R_{m \max} = 50$ мкм

$$S_z = \sqrt{0,05(2 \cdot 70 - 0,05)} + \sqrt{0,05(2 \cdot 70 - 0,05) - 0,04(2 \cdot 70 - 0,04)} = 3,8 \text{ мм.}$$

Для получения $R_{m \max} = 100$ мкм $S_z = 6,6$ мм.

Для равномерного износа и затупления лезвий по (5) найдем значения S_z , которые в обоих случаях должны находиться в диапазоне

$$S_z = 2,37 \dots 7,48 \text{ мм} \quad S_z = \sqrt{\frac{0,04(2 \cdot 70 - 0,04)}{2 \cdot 1 - 1}} = 2,37 \text{ мм.}$$

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Глебов И.Т. Исследование шероховатости фрезерованной поверхности древесины / Деревообрабатывающая промышленность, 2006.- №3. С. 11-12.