

### 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;

$\varphi$  – центральный угол контакта, измеряемый от точки врезания.

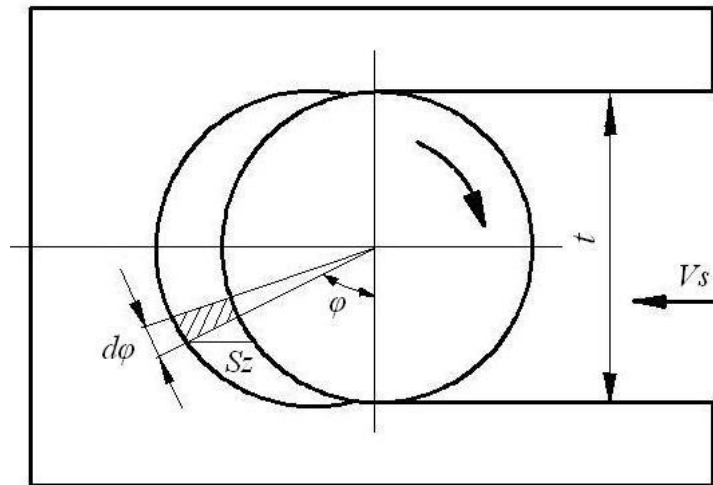


Рис. 1. Геометрия срезаемого слоя при фрезеровании концевой фрезой

Сделаем вывод формулы для определения среднего значения толщины срезаемого слоя. Для этого для некоторого угла поворота фрезы  $\varphi$  в срезаемом слое выделим элементарную площадку шириной  $d\varphi$  и высотой  $a$ , равной мгновенной толщине срезаемого слоя. Элементарная площадь

$$dS = S_z \sin \varphi \cdot d\varphi.$$

Площадь срезаемого слоя

$$S = S_z \int_{\varphi_{\text{вх}}}^{\varphi_{\text{вых}}} \sin \varphi \cdot d\varphi = S_z (\cos \varphi_{\text{вх}} - \cos \varphi_{\text{вых}}),$$

где  $\varphi_{\text{вх}}$  – угол входа фрезы в древесину, рад.;

$\varphi_{\text{вых}}$  – угол выхода фрезы из древесины, рад.;

Среднюю толщину срезаемого слоя найдем путем деления площади срезаемого слоя на угол контакта [2], мм

$$a_c = \frac{S_z}{(\varphi_{\text{вых}} - \varphi_{\text{вх}})} (\cos \varphi_{\text{вх}} - \cos \varphi_{\text{вых}}). \quad (2)$$

При фрезеровании  $\varphi_{\text{вх}} = 0$ . В зависимости от заданной глубины фрезерования  $t$  возможно:

– при  $t < D/2$      $\cos \varphi_{\text{вых}} = \frac{r-t}{r}$  ;

– при  $t = D/2$      $\cos \varphi_{\text{вых}} = 0$

– при  $t > D/2$      $\cos \varphi_{\text{вых}} = \frac{r-t}{r}$  ;

– при  $t = D$          $\cos \varphi_{\text{вых}} = 1$ .

**Пример.** Дано: диаметр фрезы  $D = 10$  мм (радиус  $r = 5$  мм); подача на зуб  $S_z = 1$  мм.

Определить среднюю толщину срезаемого слоя при глубине фрезерования  $t = 2,0; 5; 7,0; 10,0$  мм.

Решение: при  $t = 2,0$  мм  $\cos \varphi_{\text{вых}} = \frac{r-t}{r} = \frac{5-2}{5} = 0,6$ .

$\varphi_{\text{вых}} = 0,9273$ .

$$a_c = \frac{S_z}{(\varphi_{\text{вых}} - \varphi_{\text{вх}})} (\cos \varphi_{\text{вх}} - \cos \varphi_{\text{вых}}) = \frac{1}{(0,6 - 0)} (1 - 0,6) = 0,4314 \text{ мм.}$$

Остальные результаты расчетов сведены в таблицу.

$S_z$ , мм	1	1	1	1
$r$ , мм	5	5	5	5
$t$ , мм	2	5	7	10
$\cos \varphi_{\text{вх}}$	1	1	1	1
$\cos \varphi_{\text{вых}}$	0,6	0	-0,4	-1
$\varphi_{\text{вх}}$ , рад.	0	0	0	0
$\varphi_{\text{вых}}$ , рад.	0,927	1,570	1,982	3,141
	3	8	3	6
$\varphi_{\text{вых}}$ , град.	<b>53,1</b>	<b>90</b>	<b>113,6</b>	<b>180</b>
$a_c$ , мм	0,431	0,636	0,706	0,636
	4	6	2	6
$\sin \varphi$	0,431	0,636	0,706	0,636
	4	6	2	6
$\varphi$ , рад.	0,446	0,690	0,784	0,690
	0	1	2	1
$\varphi$ , град	<b>25,6</b>	<b>39,5</b>	<b>44,9</b>	<b>39,5</b>

Для определения средней толщины срезаемого слоя можно получить другую формулу (рис. 2).

На глубине фрезерования  $t_1$  в срезаемом слое выделим элементарную площадку  $dt$  шириной, равной подаче на зуб  $S_z$ , и найдем ее площадь

$$dS = S_z dt.$$

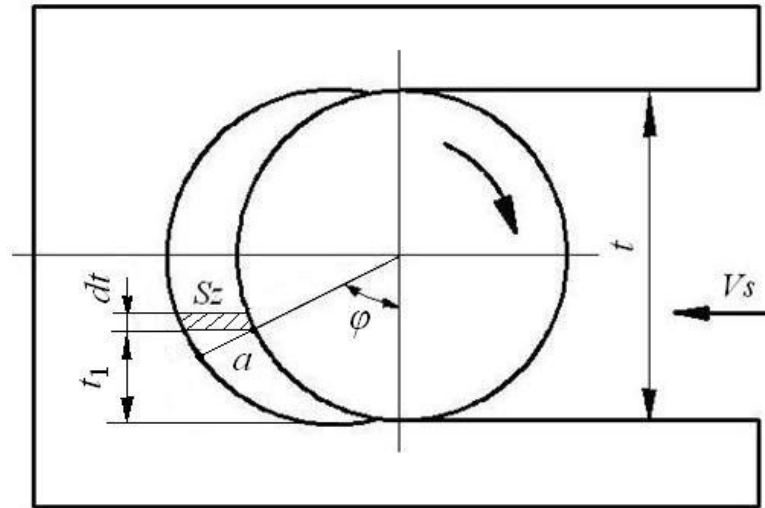


Рис. 2. Схема к определению средней толщины срезаемого слоя  
Площадь срезаемого слоя равна

$$S = \int_0^t S_z dt = S_z t,$$

где  $t$  – глубина фрезерования,  $0 < t \leq 2r$ .

Длина дуги контакта определяется так:

$$l_k = r\varphi,$$

где  $\varphi$  – центральный угол контакта.

Из рис. 2 следует

$$\varphi = \arccos \frac{r-t}{r},$$

где  $r$  – радиус фрезы.

Средняя толщина срезаемого слоя может быть найдена путем деления площади срезаемого слоя на дугу контакта:

$$a_c = \frac{S_z t}{r \arccos \frac{r-t}{r}}. \quad (3)$$

Результаты расчетов, полученных по формулам (2) и (3) получаются абсолютно одинаковыми (см. таблицу расчетов).

Мгновенное значение толщины срезаемого слоя находится по формуле (1). Приравняем формулы (1) и (2) и из равенства найдем значение угла контакта  $\varphi$ , при котором толщина срезаемого слоя достигает средней величины:

$$\varphi = \arcsin \frac{(\cos \varphi_{вх} - \cos \varphi_{вых})}{(\varphi_{вых} - \varphi_{вх})}. \quad (4)$$

Расчетные данные для примера добавим в приведенную таблицу.

Найденный по формуле (4) центральный угол контакта равен углу скорости подачи, а также углу встречи при перерезании волокон древесины.

*Выводы.*

1. При расчете режимов фрезерования древесины среднюю толщину срезаемого слоя следует находить по формулам (2) или (3).

2. В современной теории резания древесины принято считать, что при небольших глубинах фрезерования средняя толщина срезаемого слоя находится на середине дуги контакта. Это ошибочное утверждение, особенно если глубина фрезерования близка по величине радиусу фрезы или больше радиуса фрезы. Расчетные данные таблицы показывают, что при радиусе фрезы  $r = 5$  мм и  $t = 2$  мм угол выхода фрезы из заготовки  $\varphi_{вых} = 53,1^\circ$ , а центральный угол для средней толщины срезаемого слоя  $\varphi = 25,6^\circ$ . Ясно, что средняя толщина срезаемого слоя находится не на середине дуги  $\varphi_{вых}$ . Для  $t = 5$  мм  $\varphi_{вых} = 90^\circ$ ,  $\varphi = 39,5^\circ$ , это подтверждает, что  $\varphi < 0,5\varphi_{вых}$ .

3. Центральный угол, при котором толщина срезаемого слоя достигает среднего значения, следует находить по формуле (4).

4. Использование в расчетах предлагаемых формул позволит повысить точность выполняемых режимов резания.

#### *Библиографический список*

1. Глебов, И.Т. Резание древесины /И.Т. Глебов. – СПб: Издательство «Лань», 2010. – 256 с.

2. Глебов, И.Т. Решение задач по резанию древесины /И.Т. Глебов. – СПб: Издательство «Лань», 2012. – 256 с.