

## ВЫБОР РЕЖИМА РЕЗАНИЯ ПРИ ФРЕЗЕРОВАНИИ ПЛОСКОСТЕЙ ТОРЦЕВЫМИ ФРЕЗАМИ, ОСНАЩЕННЫМИ ТВЕРДОСПЛАВНЫМИ ПЛАСТИНКАМИ

САМСОНОВ В. А., ДАНИЛЕНКО Б.Д.  
[izvestiya@ktu.aknet.kg](mailto:izvestiya@ktu.aknet.kg)

*Представлены краткие рекомендации по выбору режимов резания при фрезеровании плоскостей на станках с ЧПУ твердосплавными торцевыми фрезами.*

При выборе режимов резания по общемашиностроительным нормативам и специальным справочникам [1,2,3] могут возникнуть следующие трудности:

- 1) во многих случаях представленные в них материалы широко не используются в машиностроении;
- 2) нормативные материалы в них представлены в виде объемных таблиц, и рекомендуемые режимы нельзя использовать для конкретных заданных условий.

В связи с этим предлагаются достаточно конкретные рекомендации по выбору режимов резания, требующие наличия простейшей вычислительной техники (микрокалькуляторы).

**Цель исследования:** разработка кратких рекомендаций по назначению рациональных режимов резания при фрезеровании плоскостей на станках с ЧПУ торцевыми фрезами, оснащенными твердосплавными пластинками.

**Метод исследования** состоит в составлении рекомендаций по выбору режимов резания на основе анализа и компьютерной обработки нормативных материалов [1,2,3].

При фрезеровании плоскостей торцевыми фрезами может использоваться различное количество стадий обработки в зависимости от метода получения и точности заготовки, а также требуемой точности детали.

Черновая (I) стадия обработки позволяет получить от 14 до 16 квалитет точности линейных размеров с шероховатостью поверхности  $R_z 25$  — 50 мкм.

Получистовая (II) стадия обработки позволяет получить 12-13 квалитет точности с шероховатостью  $R_a 12,5$  мкм.

Чистовая (III) стадия обработки позволяет получить 10-11 квалитет точности и шероховатость  $R_a 6,3$  мкм.

Отделочная (IV) стадия рассчитана на получение 7-9 квалитет точности и шероховатости  $R_a 3,2$  мкм.

**Установление количества стадий обработки и глубины резания (величины припуска) при работе на каждой стадии**

Исходя из точности заготовки, толщины детали, установленной на станке, и необходимой точности обрабатываемой детали, по таблице 1 устанавливаются количество стадий обработки и величина снимаемого припуска на каждой стадии.

Общий припуск на обработку равен сумме припусков на всех стадиях.  
Для заданной стадии обработки припуск (глубина резания) равен  $t$ , мм.

Таблица 1

Ориентировочные значения глубины фрезерования в зависимости от размеров детали и стадии обработки

Выполняемый размер (под снимаемым припуском) мм, до	Квалитет заготовки			
	17,16,15	14	13,12	11
	Квалитет детали			
	14	12,13	11,10,9	7,8
	Стадии обработки			
	I-черновая	II-получистовая	III-чистовая	IV-отделочная
Глубина фрезерования, $t$ , мм, не менее				
80	5,0	2,0	0,90	0,40

120	5,5	2,1	0,95	0,45
180	6,0	2,3	1,0	0,50
250	6,5	2,5	1Д	0,55
315	7,0	2,7	1,2	0,60
400	7,5	2,9	1,3	0,65
500	8,0	3,10	1,4	0,70
630	8,5	3,60	1,6	0,80

Выбор значения подачи на зуб

$$S_z = C_c \frac{D^{n_1}}{t^{n_2}} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5, \quad \text{мм/зуб}$$

Значения параметров формулы приведены в таблице 2.

Таблица 2

Стадия обработки	Группа подач.	Обрабатываемый материал	$C_s$	$n_1$	$n_2$
I	I	Сталь	0.032	0.43	0.41
		Чугун	0.048	0.46	0.33
		Сплавы Al и Cu	0.083	0.47	0.37
	II	Сталь	0.029	0.41	0.46
		Чугун	0.043	0.46	0.40
		Сплавы Al и Cu	0.067	0.46	0.36
	III	Сталь	0.03	0.35	0.49
		Чугун	0.036	0.42	0.40
		Сплавы Al и Cu	0.045	0.47	0.40
II	-	Сталь	0.013	0.50	0.26
		Чугун	0.021	0.62	0.26
		Сплавы Al и Cu	0.041	0.57	0.25
III	-	Сталь	0.009	0.498	0.403
		Чугун	0.024	0.535	0.366
		Сплавы Al и Cu	0.034	0.548	0.349

Различные группы подач установлены для черновой стадии обработки. При выборе группы подач следует руководствоваться следующими соображениями:

**Группа I.** Фрезерование жестких деталей, закрепленных непосредственно на столе станка, имеющего достаточную жесткость, при небольших вылетах фрез.

**Группа II.** Фрезерование деталей средней жесткости в жестких приспособлениях на станках средней жесткости при небольших вылетах фрезы.

**Группа III.** Фрезерование нежестких деталей в приспособлениях средней жесткости на станках пониженной жесткости при больших вылетах фрезы.

$K_1$  - поправочный коэффициент, характеризующий твердость обрабатываемого материала:

$$K_1 = \frac{C_{sm}}{(HB)^{n_3}}$$

Значения параметров  $C_{sm}$  и  $n_3$  приведены в таблице 3.

Таблица 3

Обрабатываемый материал	$C_{sm}$	$n_3$	$C_{sm}$	$n_5$	$n_6$
Сталь	112,8	0,885	0,008	0,371	0,594

Чугун	143	0,95	0,005	0,54	0,79
Медные сплавы	4,13	0,286	0,006	0,585	0,68
Алюминиевые сплавы	9,6	0,492	0,006	0,585	0,68

$K_2$ - поправочный коэффициент, характеризующий величину главного угла в плане  $\varphi$ ;

$$K_2 = \frac{17.3}{\varphi^{0.0705}},$$

где  $K_3$ - поправочный коэффициент, характеризующий способ крепления пластины и наличие износостойкого покрытия, определяется по таблице 4.

Таблица 4

<b>Механическое крепление пластины (МКП)</b>	<b>Крепление пластины пайкой</b>	<b>При наличии покрытия на пластине</b>
1,0	1,1	1,2

$K_4$ - поправочный коэффициент, характеризующий схему установки фрезы относительно заготовки:

- при симметричной установке  $K_4=0,5$
- при несимметричной установке  $K_4= 1,0$

$K_5$ - поправочный коэффициент, характеризующий материал режущей части, устанавливается по таблице 5.

Таблица 5

Обрабатываемый материал	T5K10	T14K8	T15K6	BK6M	BK4 BK6	BK10-ом	BK8B	BK8
Сталь	1,25	1,10	1,00	-	-	-	-	0,80
Чугун, сплавы Al и Cu	-	-	-	0,65	0,75	1,20	1,10	1,00

После вычисления значения подачи проводится проверка возможности получения заданной шероховатости при работе на данной подаче. Эта проверка выполняется, если фреза работает на III стадии обработки, т.е. чистовой.

Допустимая по шероховатости поверхности подача вычисляется по формуле:

$$S_{zu} = C_{su} \cdot D^{n_5} \cdot R_a^{n_6}, \quad \frac{мм}{об}$$

Значения параметров приведены в таблице 3.

После вычисления значения  $S_z$  оно сравнивается со значением, полученным по формуле (1), и для работы выбирается меньшее значение.

#### Выбор скорости резания, V м/мин.

Скорость резания при фрезеровании плоскостей торцевыми фрезами подсчитывается по формуле:

$$V = \frac{C_v \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6}{t^{x_v} S^{y_v}} \text{ м/мин.}$$

Значения параметров, входящих в формулу, приведены в таблице 6.

Поправочные коэффициенты на скорость резания при фрезеровании.

$K_1$ - поправочный коэффициент, характеризующий твердость обрабатываемого материала:

$$K_1 = \frac{C_{HB}}{(HB)^{n_1}}.$$

Значения параметров приведены в таблице 6.

$K_2$ -поправочный коэффициент, характеризующий инструментальный материал режущей части фрезы. Значения  $K_2$  приведены в таблице 7.

Таблица 6

<b>Обрабатываемый материал</b>	<b>Cv</b>	<b>Xv</b>	<b>Yv</b>	<b>Cnv</b>	<b>n1</b>
--------------------------------	-----------	-----------	-----------	------------	-----------

Сталь	122	0,056	0,455	137	0,92
Чугун	69	0,084	0,50	918	<b>1,3</b>
Медные сплавы	176	0,039	0,561	8,42	0,43
Алюминиевые сплавы	176	0,039	0,561	136	1,09

Таблица 7

Обрабатываемый материал	T5K10	T14K8	T15K6	BK3M BK6M	BK4 BK6	BK10- OIVI	BK8B	BK8
Сталь	0,80	0,90	1,00	-	-	-	-	1,10
Чугун, медные и алюминиевые сплавы				1,25	1,15	0,80	0,90	1,00

$K_3$ - поправочный коэффициент, характеризующий состояние поверхности заготовки.

При фрезеровании поверхности без корки  $K_3=1,0$ , по корке  $K_3=0,80$

$K_4$ - поправочный коэффициент, характеризующий главный угол в плане  $\varphi$ ;

$$K_4 = \frac{3.24}{\varphi^{0.285}}$$

$K_5$ - поправочный коэффициент, характеризующий отношение ширины фрезерования  $B$ , мм к диаметру фрезы  $D$ , мм.

$$K_5 = \frac{0.917}{(B/D)} 0.324.$$

$K_6$ - поправочный коэффициент, характеризующий принятый период стойкости фрезы  $T$ , мин.

$$K_6 = \frac{4.2}{T^{0.5}}.$$

Период стойкости фрезы выбирается в зависимости от заданной производительности, требований к уровню расхода инструмента, затрат времени на смену инструмента, конструкции фрезы и др. параметров и может устанавливаться в диапазоне от 30 до 360 мин. Нормативный период стойкости равен 60 мин.

$K_7$ - поправочный коэффициент, характеризующий способ крепления режущей пластины и наличие износостойкого покрытия. Значения коэффициента  $K_7$  приведены в таблице 8.

Таблица 8

Механическое крепление пластины	Крепление пластины пайкой	Наличие покрытия на режущей части
1,00	1,15	1,25

$K_8$ - поправочный коэффициент, характеризующий использование СОЖ;

-при работе с охлаждением  $K_8= 1,0$

-при работе без охлаждения  $K_8=0,85$

**Определение частоты вращения шпинделя фрезерного станка  $n$ , об/мин.**

$$n = \frac{1000V}{\pi D}, \text{ об/ мин.}$$

Полученное значение  $n$  выбирается на возможность его использования на выбранном оборудовании. Основные технические данные станков с ЧПУ фрезерной группы приведены в таблице 9.

**Определение скорости подачи стола станка  $V_s$ , мм/мин**

$$V_s = S_z \cdot z \cdot n, \text{ мм/ об,}$$

где  $Z$  - количество зубьев фрезы. Полученное значение  $V_s$  проверяется на возможность его использования на выбранном оборудовании по таблице 9.

Некоторые технические характеристики станков с ЧПУ фрезерной группы.

Таблица 9

Модель станка	Размеры стола (длина, ширина), мм	Мощность привода, кВт	Диапазон частоты вращения шпинделя, об/мин	Диапазон величин скоростей подачи стола, мм/мин
6P13ФЗ	1600x400	7,5	40-2000	3-5000
6P13ФЗ-1	1600x400	7,5	40-2000	3-5000
6P13PФЗ	1600x400	7,5	40-2000	10-2100
6520ФЗ-36	630x250	4	31,5-1600	5-1500
6520ФЗ	630x250	4	31,5-1600	5-1500
6560ФЗ-2	1600x630	15	25-125,	1-4800
6Б443ГФЗ	1250x600	5,5	31,5-2500	6-100
6Б444ФЗ	2000x910	7,5	25-2000	1-3000

Необходимо отметить, что рассчитанные параметры режима резания можно рассматривать как приближенные, и они должны уточняться после анализа результатов пробных рабочих ходов.

На основе анализа и компьютерной обработки имеющихся нормативных материалов [1,2,3] составлены рекомендации по выбору режимов резания при фрезеровании плоскостей на универсальных и многоцелевых станках с ЧПУ торцовыми фрезами, которые могут быть использованы технологами при составлении технологических карт обработки различных изделий.

### Литература

1. Режимы резания для токарных и сверльно-фрезерно-расточных станков с ЧПУ. Справочник /Под ред. В.И.Гузеева. – М.: Машиностроение, 2005. – 368 с.
2. Общемашиностроительные нормативы времени и режимов резания для нормирования работ, выполняемых на универсальных многоцелевых станках с ЧПУ. В двух частях. Часть II. Нормативы режимов резания – М.: Экономика, 1990. – 470 с.
3. Общемашиностроительные нормативы режимов резания: Справочник в 2-х т., т. 1 / А.Д.Локтев и др. – М.: Машиностроение, 1991. – 640 с.

