

## ОРИЕНТИРОВОЧНЫЙ ВЫБОР РЕЖИМА РЕЗАНИЯ ПРИ ОБРАБОТКЕ ТИТАНОВЫХ СПЛАВОВ КОНЦЕВЫМИ ФРЕЗАМИ

Канд. техн. наук, доц. Б. Д. ДАНИЛЕНКО

*Приведены эмпирические зависимости для расчета стартовых параметров режима резания при обработке основных марок титановых сплавов. Сплавы разбиты на группы обрабатываемости, приближенные коэффициенты которой даны по отношению к стали 45 м марке ВТ1, принятых за эталон.*

*Empirical dependences for starting parameters analysis of cutting conditions at processing the basic marks of titanium alloys are given. Alloys are divided into groups of machinability and their approximate ratios are stated concerning steels 45 and VT1 recognized as a standard.*

Необходимость оценки и учета большого числа взаимовлияющих на режимы резания факторов ведет к тому, что для решения задачи расчета или назначения режима резания, даже с использованием компьютерных программ, приходится применять метод последовательного приближения, т.е., задаваясь предварительными значениями основных параметров, проводить последующие корректировку и уточнение их в конкретных условиях производства до установления окончательных значений, которые являются оптимальными для реализации поставленных задач. Кроме того, в случае работы на станках со ступенчатым регулированием параметров режима резания приходится корректировать выбранный режим еще и по паспортным данным оборудования.

Определенные трудности при выборе режима резания возникают также в тех случаях, когда приходится сталкиваться с обработкой материалов, имеющих специфические физико-механические свойства: повышенную вязкость, сложную легированность химического состава и т.п.

В связи с изложенным интерес представляют рекомендации по режимам, позволяющие приближенно выбрать так называемые стартовые значения режимных параметров, которые потом могут быть уточнены по результатам пробных проходов. Правильному выбору приближенных стартовых параметров режима резания может также способствовать информация о приблизительных коэффициентах обрабатываемости данного материала по сравнению с хорошо известными марками обрабатываемых материалов, например, сталью 45, которая во многих нормативных документах принимается за эталон.

Ниже приведены рекомендации по выбору стартовых параметров режима резания при обработке титановых сплавов концевыми фрезами из быстрорежущей стали и твердого сплава.

В таблице представлены основные марки титановых сплавов, разбитые на группы по физико-механическим свойствам\* и приведены приближенные коэффициенты обрабатываемости по скорости резания  $K_v$  по отношению к стали 45 с НВ 200 ед., обрабатываемость которой условно принята за единицу.

\* Прогрессивные режущие инструменты и режимы резания металлов. Справочник под ред. В.И. Баранникова. — М.: Машиностроение 1990 — С. 400.

Таблица

№ группы обрабатываемости	Наименование группы сплава	Марка	$\sigma_B$ , МПа	$K_V$	$K_M$
V.2	Качественные углеродистые стали	Ст45	600	1,0	-
ХШ.1	Титановые сплавы повышенной пластичности	BT1, BT1-1, BT1-2	575	0,42	1,0
		OT4-0, OT4-1	735	0,30	0,8
ХШ.2	Титановые сплавы средней прочности	OT4, BT4, BT5, BT4-1, BT5-1	810	0,28	0,75
		BT5Л	810	0,26	0,7
		BT6, BT6С, BT20	990	0,22	0,65
		BT6Л, BT20Л	1015	0,21	0,6
ХШ.3	Титановые сплавы высокой прочности	OT4-2, BT14, BT14Л	960	0,20	0,5
		BT15, BT16, BT22	1225	0,17	0,45
ХШ.4	Титановые сплавы жаропрочные	BT3-1, BT8, BT4, BT18	1075	0,14	0,4

Концевые фрезы используются для обработки плоскостей, уступов, контуров, пазов. Независимо от схемы работы концевой фрезы ширина фрезерования  $B$  измеряется в направлении, параллельном оси фрезы, а глубина резания  $t$  — в направлении, перпендикулярном оси фрезы. Для случая обработки паза глубина резания  $t$  равна диаметру фрезы  $D$ , т.е.  $t = D$ .

Выбираемые режимы резания будут сильно зависеть от инструментального материала концевой фрезы. Для фрез из быстрорежущей стали подача на зуб фрезы  $S_z$ , мм/зуб может быть подсчитана по формулам:

1. для черновой обработки

$$S_z = \frac{5,2D^{0,9}}{t^{0,43} B^{0,46} \sigma_a^{0,73}},$$

2. для чистовой обработки:

$$S_z = \frac{4D^{0,75}}{t^{0,35} B^{0,4} \sigma_a^{0,73}},$$

где  $\sigma_B$  — предел прочности обрабатываемого материала на растяжение.

В том случае, если величина  $\sigma_b$  неизвестна и определить ее не представляется возможным, значение  $\sigma_b$  для расчета можно в первом приближении принимать равным среднему значению  $\sigma_{b\text{ ср}}$ , приведенном в таблице для каждой марки сплава.

Скорость резания можно посчитать по формуле

$$V = \frac{25100}{t^{0,3} S_z^{0,21} B^{0,33} \sigma_a^{0,97}}.$$

Значения коэффициента  $K_M$ , характеризующего марку титанового сплава, приведены в таблице.

Следует иметь в виду, что для обработки титановых сплавов рекомендуется использовать марки быстрорежущих сталей Р9К5 и Р9М4К8.

Для работы фрез с режущей частью из твердого сплава подача на зуб обычно устанавливается в пределах 0,08—0,1 мм/зуб.

Скорость резания для твердосплавных фрез может быть подсчитана по формуле

$$V = \frac{138000 D^{0,7}}{t^{0,23} S_z^{0,21} B^{0,3} \sigma_a^{1,5}}.$$

Для концевых фрез, обрабатывающих титановые сплавы, обычно используются твердые сплавы марок ВК6-ОМ, ВК10-ОМ, ВК6М, иногда ВК8.

Необходимо отметить, что на выбираемые значения параметров режима  $V$  и  $S_z$  будет влиять не только  $\sigma_b$ , но и конкретный химический состав сплава, что можно в какой-то степени учесть с помощью данных таблицы. Кроме того, при работе фрез малого диаметра и больших вылетах фрезы из шпинделя необходимо использовать заниженные значения  $V$  и  $S_z$ .

Подсчитанные значения  $V$  и  $S_z$  относятся к случаям обработки плоскостей, уступов и контуров. Для случая обработки пазов в формулах следует принимать  $t = D$  и при расчете подачи использовать поправочный коэффициент 0,6, а при расчете скорости резания — поправочный коэффициент 0,7.

Предполагается, что работа на принятых режимах должна обеспечивать стойкость не менее 90 мин. Это значение стойкости может в первом приближении служить критерием правильности рассчитанных режимов резания.

Частота вращения шпинделя определяется по формуле

$$n = \frac{1000V}{\pi D}$$

и при ступенчатом регулировании округляется в меньшую сторону.

Минутная подача стола или инструмента определяется как

$$V_s = S_z z n,$$

где  $z$  — количество зубьев фрезы. При ступенчатом регулировании подачи подсчитанная величина  $V_s$  округляется в большую сторону.

Установленные по приведенным формулам режимы резания могут рассматриваться как приближенные и должны уточняться на основе анализа результатов пробных проходов.