

производительность процесса резания и качество щепы и бруса; дают возможность численно связать параметры резца с параметрами щепы, бревна, бруса, т.е. факторы инструментальные с технологическими; являются исходными при проектировании спиральных фрез, фрезерно-брусующих станков, а также расчета режимов резания.

УДК 674.05

А.В. МОИСЕЕВ, д-р техн.наук,
С.И. КАРПОВИЧ, канд.техн.наук,
В.А. СТОЛЯР,
А.С. ДИМЕНШТЕЙН (БТИ)

АНАЛИЗ ПРОЦЕССА РЕЗАНИЯ С ПОЗИЦИЙ СТОЙКОСТИ ИНСТРУМЕНТА (НА ПРИМЕРЕ ТОРЦОВОГО ФРЕЗЕРОВАНИЯ)

В различных схемах резания лезвие инструмента используется далеко неравноценно. Наиболее эффективно оно работает при лущении, строгании шпона, циклевании. В этих случаях инструмент в процессе резания непрерывно выполняет "полезную" работу формирования поверхности. В таких случаях, как цилиндрическое и торцовое фрезерование, только относительно небольшую часть пути резания инструмент проходит, формируя поверхность. Как правило, значительно большую часть пути резания инструмент проходит в контакте с обрабатываемым материалом, диспергируя его в стружку и не формируя обработанной поверхности. Очевидно, что вывод уравнений, определяющих отношение полезного пути резания, на протяжении которого инструмент формирует обработанную поверхность, ко всему пути резания, проходимому инструментом за определенное время, позволит проанализировать эффективность заданного процесса резания, наметить пути ее повышения.

Эффективность процесса резания с позиций стойкости оценивается коэффициентом полезного использования длины лезвия η_1 :

$$\eta_1 = \frac{F_{\text{обр}}}{F_{\text{рез}}}, \quad (1)$$

где $F_{\text{обр}}$ — площадь обработанной поверхности, которая формируется в единицу времени; $F_{\text{рез}}$ — площадь резания, некоторая воображаемая (фиктивная) поверхность, которая численно равна произведению пути резания l , пройденного в единицу времени, на длину лезвия, участвовавшего в резании, b :

$$F_{\text{рез}} = lb.$$

Так, например, при лущении $F_{\text{обр}}$ (площадь шпона, полученного за один оборот чурака)

$$F_{\text{обр}} = \pi DB,$$

где D — диаметр чурака; B — его длина.

Площадь резания

$$F_{\text{рез}} = \pi D b,$$

где b — длина ножа.

Поскольку $B \approx b$, то коэффициент $\eta_1 \approx 1$.

С позиций стойкости инструмента проанализируем торцовое фрезерование (рис. 1). Максимальная подача на резец с радиальной длиной его торцевой части b_1 возможна до значения $U_z = b_1$ (рис. 1, а). Максимальная длина торцевого лезвия $b_1 = R$, где R — радиус фрезы. Необходимая длина периферийного лезвия резца b_1 при резании методом деления припуска [1] $b_1 = U_{\text{об}}$ (рис. 1, б); при резании методом деления подачи $b_1 = U_z$ (рис. 1, в).

Площадь поверхности, обработанной одним резцом за оборот инструмента составит $B U_z$, где B — ширина детали. Площадь резания определится как

$$2\pi R b_1,$$

где R — радиус точки на резце, проходящей максимальный путь резания.

Исходя из этих предпосылок получим

$$\eta_1 = \frac{B U_z}{\pi D b} \quad (2)$$

В свою очередь максимальная ширина детали, которая может быть обработана фрезой диаметром D , будет равна

$$B = 2R \cos \arcsin \frac{U_z}{2R} \quad (3)$$

Учитывая формулы (1)–(3), получим максимальное значение коэффициента η_1 при торцовом фрезеровании ($b_2 = 0$ и $U_z = b_1$):

$$\eta_1 = \frac{B U_z}{\pi D b_1} = \frac{1}{\pi} = 0,318. \quad (4)$$

Воспользуемся уравнением (2) и проведем анализ процесса фрезерования двумя типами фрез, в одной из которых применяется метод деления припуска, а в другой — метод деления подачи (рис. 1, а, б). Теоретически параметры резцов фрез обоих типов определяются следующим образом: при делении припуска $b_1 = U_{\text{об}}$, $b_2 = \frac{t}{z}$; при делении подачи $b_1 = U_z$, $b_2 = t$. Исходя из этого соответственно получим коэффициенты: при делении припуска $\eta_{1\text{пр}}$ и при делении подачи $\eta_{1\text{под}}$:

$$\eta_{1\text{пр}} = \frac{B U_z}{\pi D (U_{\text{об}} + \frac{t}{z})}; \quad (5) \quad \eta_{1\text{под}} = \frac{B U_z}{\pi D (U_z + z)}. \quad (6)$$

Формулы (4)–(6) дают представление о теоретически возможных значениях коэффициента η_1 . Практически резец фрезы, работающей по принципу деле-

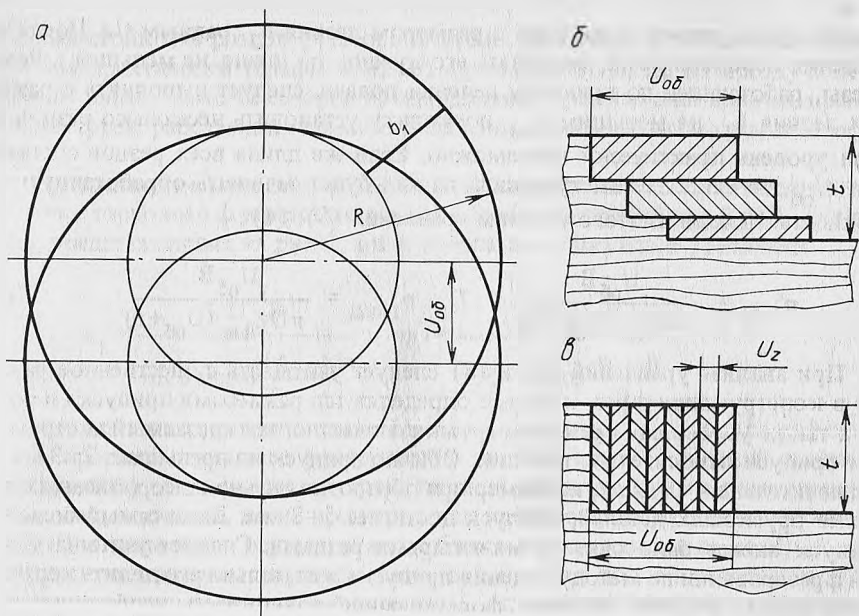


Рис. 1. Схема торцевого фрезерования при $B = D$ (а) и стружкообразования инструментом работающим по методу деления припуска (б) и по методу деления подачи (в)

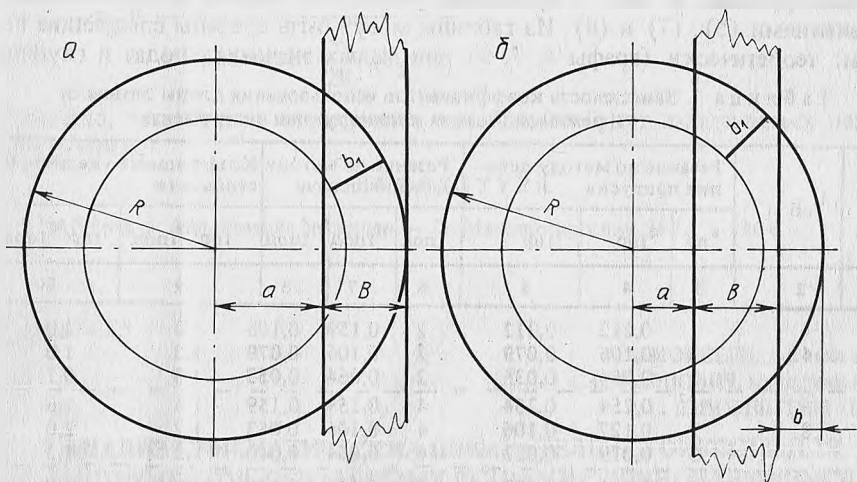


Рис. 2. Схема торцевого фрезерования при $B < D$ и при разном расположении детали относительно фрезы (а) и (б)

ния припуска, нельзя выполнить с размером лезвия b_2 , равным t/z . После затупления вершины резца затачивать его нужно по длине, не меньшей t . Резец фрезы, работающей по принципу деления подачи, следует выполнять с размером лезвия b_1 , не меньшим $U_{об}$, поскольку установить несколько резцов на один уровень практически невозможно. Если же длина всех резцов составит $b_1 = U_{об}$, то наиболее выступающий из них будет зачищать обработанную поверхность. Исходя из этого уточним уравнения (5), (6):

$$\eta'_{1\text{ пр}} = \frac{U_{об} B}{\pi D z_{\text{пр}} (U_{об} + t)} ; \quad (7) \quad \eta'_{1\text{ под}} = \frac{U_{об} B}{\pi D z_{\text{под}} (U_{об} + t)} . \quad (8)$$

При анализе уравнений (7) и (8) следует учитывать существенное различие в конструкциях фрез, которые определяются размерами припуска и подачи, а также условиями срезания стружки. Известно, что срезаемый инструментом припуск относительно невелик. Обычно припуск не превышает 2–3 мм. В исключительных случаях, например при обработке сильно покоробленных при сушке брусковых деталей, припуск достигает 5–8 мм. Даже самый большой припуск может быть снят тремя-четырьмя резцами. Следует учитывать, что при фрезеровании по методу деления припуска желательнее его делить неравномерно между резцами. На резец, формирующий поверхность, необходимо планировать минимальный припуск и увеличивать его значения в геометрической прогрессии для последующих резцов. Подачу приходится делить равномерно между всеми резцами фрезы. Она, как правило, не должна превышать 1–2 мм, иначе будет нарушаться качество обработки. Это вынуждает делать фрезы, работающие по принципу деления подачи, с большим числом резцов, усложняя их конструкцию. В табл. 1 приведены результаты анализа в соответствии с уравнениями (5), (7) и (8). Из таблицы могут быть сделаны следующие выводы: теоретически (графы 4, 7, 9) при малых значениях подач и глубины

Т а б л и ц а 1. Зависимость коэффициентов использования длины лезвия от режимов резания и конструкции инструмента

t	U _{об}	Резание по методу деления припуска			Резание по методу деления подачи			Коэффициент увеличения стойкости	
		z _{пр}	$\eta'_{1\text{ пр}}$	$\eta'_{1\text{ пр}}$	z _{под}	$\eta'_{1\text{ под}}$	$\eta'_{1\text{ под}}$	$\eta'_{1\text{ пр}}/\eta'_{1\text{ под}}$	$\eta'_{1\text{ пр}}/\eta'_{1\text{ под}}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2		1	0,212	0,212	2	0,159	0,106	1,0	2,0
4	4	2	0,106	0,079	2	0,106	0,079	1,0	1,0
8		3	0,064	0,035	2	0,064	0,053	1,0	0,7
2		1	0,254	0,254	4	0,159	0,159	1,6	1,6
4	8	2	0,127	0,106	4	0,106	0,053	1,2	2,0
8		3	0,079	0,053	4	0,064	0,040	1,2	1,3
2		1	0,283	0,283	8	0,159	0,159	1,8	1,8
4	16	2	0,141	0,127	8	0,106	0,032	1,3	4,0
8		3	0,091	0,071	8	0,064	0,026	1,4	2,7
2		1	0,299	0,299	16	0,159	0,159	1,9	1,9
4	32	2	0,150	0,141	16	0,106	0,018	1,4	7,8
8		3	0,097	0,074	16	0,064	0,016	1,5	4,6

резания стойкость резцов фрез обоих типов одинакова. При большой глубине резания практически (графы 5, 8, 10) фрезы, работающие по методу деления подачи, имеют даже некоторое преимущество. При больших подачах преимущества фрез, работающих по методу деления припуска, не вызывают сомнений.

Предлагаемая методика позволяет проанализировать эффективность применения торцового фрезерования и для обработки деталей при $V < D$. Для случаев, представленных на рис. 2, а и б, предлагаем следующие уравнения:

$$\eta_1 = \frac{90 U_z B}{\pi R b \arccos \frac{R-b}{R-a}} ; \quad \eta_1 = \frac{90 U_z B}{\pi R b \arccos \frac{R-B}{R}}$$

Анализ этих уравнений свидетельствует о значительно меньшей эффективности процесса торцового фрезерования узких деталей (с позиций стойкости инструмента). По мнению авторов, главной областью применения торцовых фрез следует считать такие процессы, как калибрование древесностружечных плит. Оно чаще всего осуществляется блоком фрез, каждая из которых обрабатывает на поверхности плиты свою полосу. Для полной обработки плиты фрезы устанавливаются с перекрытием, что можно обеспечить установкой фрез в шахматном порядке или линейно с синхронным приводом. Расстояние между центрами фрез A делается меньшим, чем диаметр фрез. Для этого случая уравнение определения коэффициента полезного использования лезвия примет следующий вид:

$$\eta_1 = \frac{U_z A}{\pi D \cos \arcsin \frac{U_z}{2R} (b_1 + b_2)}$$

Очевидно, чем больше перекрытие, тем больше будут изнашиваться лезвия инструмента.

ЛИТЕРАТУРА

1. В у л ь ф А.М. Резание металлов. — Л.: Машиностроение, 1973. — 496 с.

УДК 674.05

А.В. МОИСЕЕВ, д-р техн.наук,
С.И. КАРПОВИЧ, канд.техн.наук,
А.С. ДИМЕНШТЕЙН (БТИ)

АНАЛИЗ КИНЕМАТИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ СТОЙКОСТИ ДЛЯ ИНСТРУМЕНТОВ, ОСНАЩЕННЫХ РЕЗЦАМИ С "ОБНОВЛЯЮЩИМСЯ ЛЕЗВИЕМ"

Как показали наши исследования [1] и работы других авторов [2], упрощающая технология увеличивает стойкость инструмента в 1,5–3 раза. Значительные резервы стойкости заложены в способах резания, которые могут