

Таблица 5

Сравнение изменяющихся статей

№ п/п	Наименование показателей	Единицы измерения	Затраты за год		
			Базовый вариант	Внедряемый вариант	Изменение: - экономия + увеличение затрат
1.	Зарплата с начислениями	руб.	217 250	59 726	- 157 524
2.	Амортизационные отчисления по оборудованию в т.ч. на реконструкцию	руб.	435 000	90 625	- 344 375
	Итого по изменяющимся статьям	руб.	899 330	201 826	- 697 504
3.	Стоимость оборудования	руб.	3 480 000	725 000	- 2 755 000
	Всего капитальных вложений	руб.	3 480 000	725 000	- 2 755 000

Подставляя данные таблицы в формулы (1) и (2), получим величину годового экономического эффекта от внедрения специальных станков для виброэжекторного сверления $\mathcal{E}_Г = (899\,330 - 201\,826) + 0,15(3\,480\,000 - 725\,000) = 1\,110\,754$ рублей.

Московский государственный технологический университет «СТАНКИН»

УДК 621.9. 02

В.А.ДУБОВИК, С.В.КИРСАНОВ

НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ НАГРУЖЕНИЯ МНОГОЛЕЗВИЙНЫХ РАСТОЧНЫХ БЛОКОВ

Рассмотрены особенности нагружения многолезвийных расточных блоков, работающих по схеме деления подачи.

Одним из путей повышения производительности обработки отверстий мерными инструментами является использование многолезвийных расточных блоков, работающих по схеме деления подачи [1]. При этом возможны два способа деления подачи.

При первом способе лезвия расположены равномерно по окружности, силы, действующие на каждое лезвие, теоретически равны между собой, а главный вектор поперечных составляющих сил резания $\bar{P}_m$ равен нулю.

При втором способе лезвия расположены неравномерно по окружности, силы, действующие на каждое лезвие не равны между собой, а главный вектор $\bar{P}_m$ больше нуля (рис.1).

В конструкциях мерных инструментов нашли применение две разновидности нерав-

номерного расположения лезвий: малая неравномерность (по ГОСТ 7722-77), когда неравномерность окружного шага лезвий находится в пределах $1^\circ - 3^\circ$ и большая неравномерность, когда указанная величина составляет не менее 15° . Неравномерное расположение лезвий мерных инструментов задается с целью уменьшения погрешностей формы отверстий. При этом большая неравномерность за счет обеспечения определенности базирования инструмента в большей степени, чем малая неравномерность, способствует повышению точности формы отверстий, а за счет выравнивающего действия направляющих вызывает также уменьшение шероховатости поверхности отверстий.

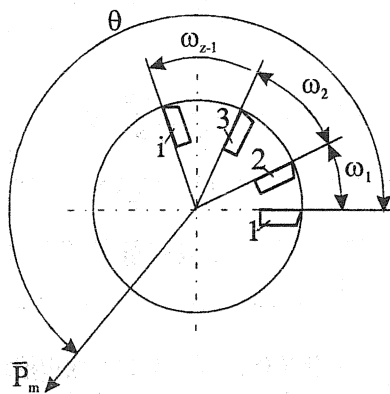


Рис.1. Главный вектор $\bar{P}_m$ и угол θ его расположения

Различная нагрузка на лезвия вызывает их неодинаковый износ и является одной из причин снижения общей стойкости инструмента. Для увеличения последней необходимо обеспечить одинаковую нагрузку на лезвия при сохранении их неравномерного расположения. Достигнуть этого можно за счет осевого смещения одних лезвий относительно других [1].

При конструировании многолезвийных мерных инструментов важно знать, каким образом окружной шаг лезвий ω_i , их число z , а также степень неравномерности нагружения лезвий мерных инструментов влияют на величину главного вектора $\bar{P}_m$ и на угол его расположения θ , а, следовательно, на точность обработанных отверстий. Для этого воспользуемся методикой расчета сил, действующих на самоустанавливающийся многолезвийный расточной блок, изложенной в работе [2]. Расчеты выполним для следующих условий: диаметр блока $D=60,6$ мм; диаметр обрабатываемого отверстия $d=59,9$ мм; масса режущей части блока $m_1=0,15$ кг; масса крестовины $m_2=0,08$ кг; частота вращения заготовки $n=100$ об/мин; главный угол в плане $\varphi=45^\circ$; величины несовпадения осей обрабатываемого отверстия и инструмента $\rho_c=0; 0,1$ мм. Остальные условия приведены в таблице, где представлены следующие варианты: а) равномерное расположение лезвий; б) неравномерное (по ГОСТ 7722-77) расположение лезвий; в) неравномерное (через 15°) расположение лезвий.

Таблица

Исходные данные для расчетов

Варианты расположения лезвий	z , шт	S_z , мм/зуб	S , мм/об	S_m , Мм/мин	ω_i
а) равномерное расположение	2	0,15	0,30	30	$\omega_1=180^\circ$
	3		0,45	45	$\omega_1=\omega_2=120^\circ$
	4		0,60	60	$\omega_1=\omega_2=\omega_3=90^\circ$
	5		0,75	75	$\omega_1=\omega_2=\dots=\omega_4=72^\circ$
	6		0,90	90	$\omega_1=\omega_2=\dots=\omega_5=60^\circ$
	8		1,20	120	$\omega_1=\omega_2=\dots=\omega_7=45^\circ$
	10		1,50	150	$\omega_1=\omega_2=\dots=\omega_9=36^\circ$
	12		1,80	180	$\omega_1=\omega_2=\dots=\omega_{11}=30^\circ$
	18		2,70	270	$\omega_1=\omega_2=\dots=\omega_{17}=20^\circ$

Варианты расположения лезвий	z, шт	S_z , мм/зуб	S, мм/об	S_m , Мм/мин	ω_i
б) неравномерное расположение (по ГОСТ 7722-77)	4	0,15	0,60	60	$\omega_1=87^\circ 55'$; $\omega_2=92^\circ 05'$.
	5		0,75	75	$\omega_1=71^\circ 32'$; $\omega_2=73^\circ 51'$; $\omega_3=70^\circ 23'$; $\omega_4=74^\circ 18'$; $\omega_5=69^\circ 56'$.
	6		0,90	90	$\omega_1=58^\circ 02'$; $\omega_2=59^\circ 53'$; $\omega_3=62^\circ 05'$.
	8		1,20	120	$\omega_1=41^\circ 53'$; $\omega_2=44^\circ 05'$; $\omega_3=46^\circ 06'$; $\omega_4=47^\circ 56'$.
	10		1,50	150	$\omega_1=33^\circ 15'$; $\omega_2=34^\circ 32'$; $\omega_3=36^\circ 00'$; $\omega_4=37^\circ 28'$; $\omega_5=38^\circ 45'$.
	12		1,80	180	$\omega_1=27^\circ 33'$; $\omega_2=28^\circ 28'$; $\omega_3=29^\circ 34'$; $\omega_4=30^\circ 30'$; $\omega_5=31^\circ 25'$; $\omega_6=32^\circ 30'$.
	18		2,70	270	$\omega_1=17^\circ 20'$; $\omega_2=18^\circ 00'$; $\omega_3=18^\circ 40'$; $\omega_4=19^\circ 20'$; $\omega_5=20^\circ 00'$; $\omega_6=20^\circ 40'$; $\omega_7=21^\circ 40'$; $\omega_8=22^\circ 00'$; $\omega_9=22^\circ 40'$.
в) неравномерное расположение (че- рез 15°)	2	0,15	0,30	30	$\omega_1=15^\circ$.
	3		0,45	45	$\omega_1=\omega_2=15^\circ$.
	4		0,60	60	$\omega_1=\omega_2=\omega_3=15^\circ$.
	5		0,75	75	$\omega_1=\omega_2=\dots=\omega_4=15^\circ$.
	6		0,90	90	$\omega_1=\omega_2=\dots=\omega_5=15^\circ$.
	8		1,20	120	$\omega_1=\omega_2=\dots=\omega_7=15^\circ$.
	10		1,50	150	$\omega_1=\omega_2=\dots=\omega_9=15^\circ$.
	12		1,80	180	$\omega_1=\omega_2=\dots=\omega_{11}=15^\circ$.
	18		2,70	270	$\omega_1=\omega_2=\dots=\omega_{17}=15^\circ$.

Выполненные расчеты позволили установить следующее.

При равномерном (вариант а) и неравномерном по ГОСТ 7722-77 (вариант б) расположении лезвий и совпадении осей обрабатываемого отверстия и инструмента ($\rho_c=0$) радиальные составляющие сил резания на лезвиях инструмента взаимно уравниваются, а главный вектор $\bar{P}_m=0$.

Когда указанные оси не совпадают ($\rho_c=0,1$ мм), то с увеличением числа лезвий величины главных векторов для вариантов а и б различаются несущественно и плавно растут от $\bar{P}_m=51,2$ Н ($z=3$) до $\bar{P}_m=312,5$ Н ($z=18$). При этом угол расположения главного вектора остается постоянным и равен $\theta=234,3^\circ$ (рис.2 и 3).

Таким образом, малая неравномерность расположения лезвий при $\rho_c>0$ не оказывает существенного влияния на величину и расположение главного вектора $\bar{P}_m$. При этом рост величины последнего происходит за счет увеличения числа лезвий, а, следовательно, подачи на оборот инструмента (заготовки) S, при постоянстве подачи на зуб S_z .

При большой неравномерности расположения лезвий (вариант в), когда неравномерность шага лезвий равна 15° , с увеличением числа лезвий величина главного вектора изменяется экстремально: при $z=2$ величины главного вектора минимальны и равны $\bar{P}_m^p=279,3$ Н ($\rho_c=0$); $\bar{P}_m^p=337,6$ Н ($\rho_c=0,1$ мм) - когда силы на лезвиях различные и $\bar{P}_m^o=310,0$ Н ($\rho_c=0$); $\bar{P}_m^o=375,4$ Н ($\rho_c=0,1$ мм) - когда силы на лезвиях одинаковые. При

этом углы расположения главного вектора равны соответственно $\theta^p = 237,9^\circ$ ($\rho_c = 0$) и $\theta^o = 238,6^\circ$ ($\rho_c = 0,1$ мм).

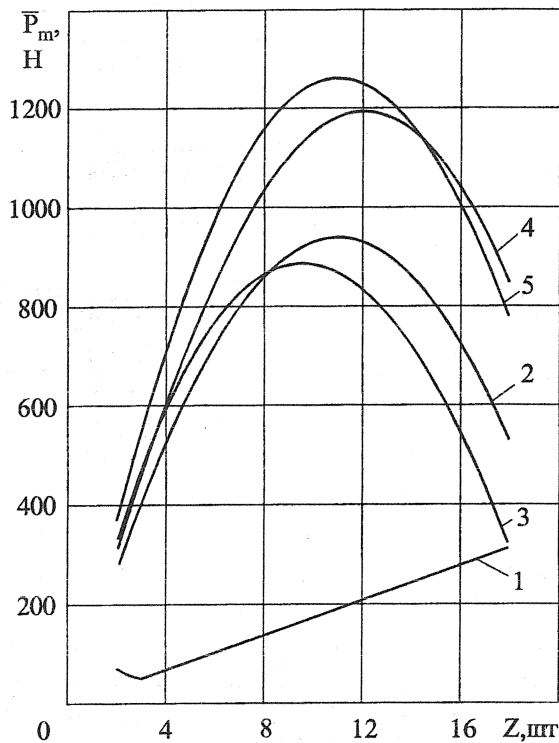


Рис.2. Влияние числа лезвий z , действующих на них сил и расположения лезвий, на величину вектора $\bar{P}_m$: равномерное (вариант а) и неравномерное (вариант б) расположение лезвий $\rho_c = 0,1$ мм — 1; неравномерное (вариант в) расположение лезвий, силы на лезвиях различные $\rho_c = 0 - 2$, $\rho_c = 0,1$ мм — 3; неравномерное (вариант в) расположение лезвий, силы на лезвиях одинаковые $\rho_c = 0 - 4$, $\rho_c = 0,1$ мм — 5

На рис.4 показано влияние указанных условий обработки отверстий на величины разностей главных векторов $\Delta \bar{P}_m$ и разностей углов $\Delta \theta$ расположения этих векторов при различных и одинаковых силах на лезвиях инструмента. Здесь

$$\Delta \bar{P}_m = \bar{P}_m^o - \bar{P}_m^p,$$

$$\Delta \theta = \theta^p - \theta^o,$$

где $\bar{P}_m^o, \bar{P}_m^p$ — главные векторы поперечных составляющих сил резания соответственно при одинаковых и различных силах на лезвиях;

θ^o, θ^p — углы расположения главных векторов соответственно при одинаковых и различных силах на лезвиях.

Из рис.4 следует, что с увеличением числа лезвий от 2 до 18 наблюдается резкий рост разностей величин главных векторов: при $z=2$ — $\Delta \bar{P}_m = 30,7$ Н ($\rho_c = 0$), $\Delta \bar{P}_m = 37,8$ Н ($\rho_c = 0,1$ мм)

С дальнейшим ростом числа лезвий величины главных векторов растут и в диапазоне $z=10 \div 12$ достигают максимума: при различных силах на лезвиях — $\bar{P}_m^p = 934,6$ Н ($\rho_c = 0$, $z=10$), $\bar{P}_m^p = 878,2$ Н ($\rho_c = 0,1$ мм, $z=10$), а при одинаковых силах — $\bar{P}_m^o = 1197,6$ Н ($\rho_c = 0$, $z=12$), $\bar{P}_m^o = 1252,9$ Н ($\rho_c = 0,1$ мм, $z=12$). Углы расположения главного вектора в этом случае равны соответственно $\theta^p = 331,0^\circ$ ($322,3^\circ$), $\theta^o = 312,9^\circ$ ($303,6^\circ$).

Далее, с ростом числа лезвий величины главных векторов уменьшаются и при $z=18$ достигают следующих значений: $\bar{P}_m^p = 518,5$ Н ($\rho_c = 0$), $\bar{P}_m^p = 319,6$ Н ($\rho_c = 0,1$ мм) когда силы на лезвиях различные, и $\bar{P}_m^o = 846,8$ Н ($\rho_c = 0$), $\bar{P}_m^o = 780,5$ Н ($\rho_c = 0,1$ мм) — когда силы на лезвиях одинаковые. Углы расположения главного вектора при различных силах на лезвиях равны соответственно $\theta^p = 36,8^\circ$ ($8,4^\circ$), а при одинаковых силах — $\theta^o = 357,9^\circ$ ($334,4^\circ$).

Таким образом, несовпадение осей обрабатываемого отверстия и инструмента (вариант в) приводит к тому, что величина главного вектора за каждый оборот заготовки (инструмента) изменяется в пределах от $\bar{P}_m^{\min}$ до $\bar{P}_m^{\max}$, а величина главного вектора при одинаковых силах на лезвиях инструмента больше, чем при различных силах ($\bar{P}_m^o > \bar{P}_m^p$).

и при $z=18$ - $\Delta \bar{P}_m = 328,3 \text{ Н}$ ($\rho_c=0$), $\Delta \bar{P}_m = 460,9$ ($\rho_c=0,1 \text{ мм}$). Следовательно, одинаковая нагрузка на лезвия способствует не только росту величин главных векторов $\bar{P}_m$, но приводит к увеличению $\Delta \bar{P}_m$ разности этих величин.

С ростом числа лезвий инструмента разность углов расположения главных векторов изменяется экстремально: при $z=2$ эта величина не зависит от условий обработки и равна $\Delta\theta=6,7^\circ$. Наибольшее значение разность углов имеет место при $z=12$ - $\Delta\theta=36,1^\circ$ ($\rho_c=0$), $\Delta\theta=30,9^\circ$ ($\rho_c=0,1 \text{ мм}$). При $z=18$ разность углов $\Delta\theta$ принимает отрицательные значения.

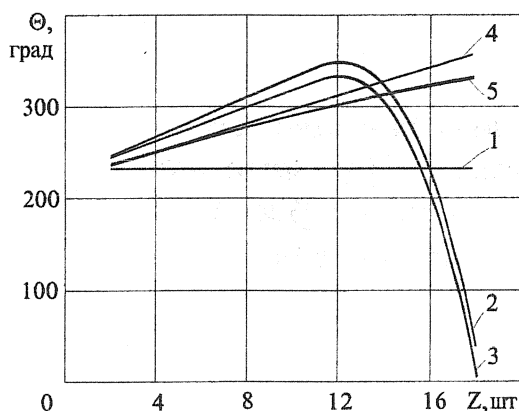


Рис.3. Влияние числа лезвий z , действующих на них сил и расположения лезвий на угол θ : равномерное (вариант а) и неравномерное (вариант б) расположение лезвий $\rho_c=0,1 \text{ мм}$ - 1; неравномерное (вариант в) расположение лезвий, силы на лезвиях различные $\rho_c=0$ - 2, $\rho_c=0,1 \text{ мм}$ - 3; неравномерное (вариант в) расположение лезвий, силы на лезвиях одинаковые $\rho_c=0$ - 4, $\rho_c=0,1 \text{ мм}$ - 5

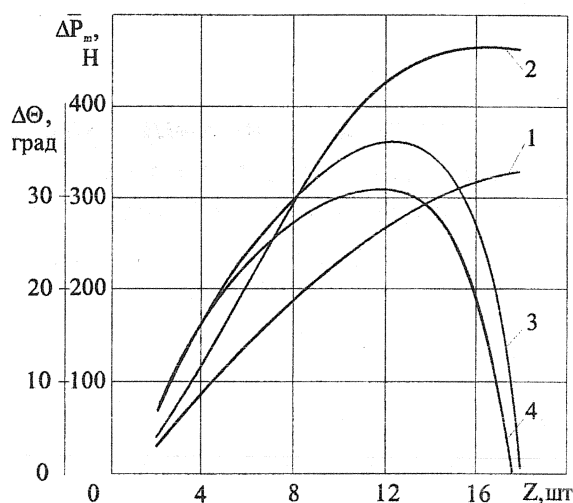


Рис.4. Влияние числа лезвий z , действующих на них сил и расположения лезвий на величины разностей главных векторов $\Delta \bar{P}_m$ (1 - $\rho_c=0$; 2 - $\rho_c=0,1 \text{ мм}$) и разности углов $\Delta\theta$ (3 - $\rho_c=0$; 4 - $\rho_c=0,1 \text{ мм}$)

Выполненные расчеты показали, что при проектировании многолезвийных мерных инструментов, работающих по схеме деления подачи, необходимо учитывать влияние на величину главного вектора $\bar{P}_m$ и угла его расположения θ степени равномерности нагружения лезвий инструмента, числа лезвий z , а также величины несовпадения осей обрабатываемого отверстия и инструмента ρ_c .

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кирсанов С.В., Гречишников В.А., Схиртладзе А.Г. и др. Повышение эффективности обработки точных отверстий в машиностроении. -М.:Глобус, 2001. -181 с.
2. Дубовик В.А., Кирсанов С.В. Расчет углов расположения направляющих самоустанавливающихся расточных блоков с определенностью базирования// Вестник машиностроения. 2000. № 12. С.46-49.

Томский политехнический университет