

$$T_2/T_1 = (C_2/C_1)^{2-4},$$

где  $T$  — период стойкости сверла;  $C$  — жесткость на кручение сверла.

Таким образом сверла с одним каналом с точки зрения жесткости эффективнее сверл с двумя каналами. Предварительные стойкостные испытания в производственных условиях это подтвердили, обеспечив экономический эффект 1,2 руб. на одном глубоком отверстии.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Резников А.Н. Конструирование и практика внедрения высокостойких режущих инструментов // *Машиностроитель*. — 1966. — № 6. — С. 27–30. 2. Макаров А.Д. Оптимизация процессов резания. — М., 1976. — 270 с. 3. Юдковский П.А. Повышение качества спиральных сверл. — Оренбург, 1970. — 109 с. 4. Жилис В.И. Экспериментальное исследование прочности, жесткости скручивания и стойкости спиральных сверл // *Станкостроение Литвы*. — 1969. — Вып. 1. — С. 198–210.

УДК 621.914

Е.Э. ФЕЛЬДШТЕЙН, канд.техн.наук (БПИ),  
А.В. КОЛЯДИН, канд.техн.наук (Сестрорецк. инструмент. з-д),  
И.Н. АРТАМОНОВА (БПИ)

#### РАБОТОСПОСОБНОСТЬ ТОРЦОВЫХ ФРЕЗ БЛОЧНОЙ КОНСТРУКЦИИ

Фрезы торцовые насадные со сменными блоками для многогранных пластин предназначены для полустойковой и черновой обработки деталей из различных материалов на фрезерных станках с ЧПУ, в том числе обрабатывающих центрах. Их отличительной особенностью является то, что на базе единого корпуса, клиньев и крепежных элементов путем комбинации блоков и режущих пластин различной формы и геометрии возможно получение фрез для обработки материалов многих марок и разнообразных поверхностей. Такое конструктивное решение является прогрессивной тенденцией в современном инструментальном производстве и позволяет для обработки конкретных материалов выбирать оптимальную геометрию фрезы. Кроме того, это дает возможность значительно сократить номенклатуру применяемых фрез, совершенствовать складское хозяйство.

Компоновка фрез, конструкция узла крепления блока и пластины позволяют сочетать требования надежности и производительности при обработке различных материалов. Как следствие, увеличивается и общий ресурс работы.

В качестве рабочей части фрез используются многогранные режущие пластины из твердого сплава, с износостойким покрытием, трехгранной и квадратной формы с задним углом от 0 до 26<sup>о</sup> точности  $C$  и  $G$ . При обработке чугуна могут применяться пластины из минералокерамики. Фрезы изготавливаются с углами в плане от 45 до 90<sup>о</sup> и передними углами от -10 до +20<sup>о</sup> (табл. 1).

При обработке алюминиевых сплавов и нержавеющей сталей рекомендуются пластины из твердых сплавов по ГОСТ 19045—80, ГОСТ 19050—80, а для обработки конструкционных сталей и чугунов — по ГОСТ 19043—80, ГОСТ 19045—80, а также пластины из оксидно-карбидной и оксидно-нитридной

Табл. 1. Применение фрез

Обрабатываемые материалы	Глубина фрезерования, мм	Геометрические параметры фрез			Материал режущей пластины
		главный угол в плане	передний угол в нормальном сечении	осевой передний угол	
Алюминиевые сплавы	7	75°	+15°	+18°	ВК8, ВК6-М, МС321, МС241
Нержавеющие стали, $\sigma_B \leq 500$ МПа	7	75°	+15°	+18°	ВК8, ВК6-М, МС241, МС146
Конструкционные стали:	9	75°	+2°	+7°	T5K10, TT7K12
НВ < 350	12	75°	+2°	+7°	МС137, МС146
НВ > 350	9	75°	-12°	-7°	T5K10, TT8K6
НВ > 350 (тяжелые работы)	12	75°	-6°	+12°	T5K10

ной керамики. Кроме того, предусматривается использование пластин, отличающихся от стандартных наличием ряда дополнительных конструктивных элементов (зачистные фаски, упрочняющие фаски).

Необходимость применения той или иной рабочей пластины определяется конкретными условиями работы и обрабатываемым материалом.

В конструкции фрез также учтено требование повышения уровня их ремонтпригодности за счет исключения контакта пластины непосредственно с корпусом и закрепления ее взаимозаменяемыми элементами.

Фрезы соответствуют международным стандартам по номинальному диаметру, высоте и присоединительным размерам. Для них характерны: повышенная работоспособность за счет их оснащения необходимой для данной технологической операции пластиной; гибкость и быстрота переналадки для обработки различных материалов или для получения поверхности с более низкими параметрами шероховатости; защищенность корпуса, что при случайных поломках пластин и блоков увеличивает ресурс его работы до 100 раз; широкий уровень взаимозаменяемости деталей, за счет чего повышается ремонтпригодность фрез. Блоки и крепежные элементы рассчитаны на период использования до 50 комплектов пластин, корпус — до 500 комплектов.

Рекомендуемые режимы эксплуатации фрез приведены в табл. 2.

Исследования составляющих силы резания проводились в условиях постоянных режимов резания, рекомендуемых для проверки работоспособности фрез, при разных передних углах  $\gamma$ . На вертикально-фрезерном станке мод. 6P13 обрабатывались серый чугун и алюминиевый сплав. Силы резания при обработке фрезой диаметром 80 мм определялись с помощью динамометра СУР600.

Табл. 2. Рекомендуемые режимы эксплуатации фрез

Обрабатываемый материал	Твердость	Глубина резания, мм	Подача, мм/зуб	Скорость резания, м/мин
Сталь углеродистая конструкционная	HB < 229	От 2 до 4 Свыше 4 до 8	0,1...0,2 0,1...0,15	155...355 135...280
	HB > 229	От 2 до 4 Свыше 4 до 8	0,1...0,15 0,08...0,12	125...210 95...175
Сталь легированная конструкционная	HB < 229	От 2 до 4 Свыше 4 до 8	0,1...0,2 0,1...0,15	105...235 85...235
	HB > 229	От 2 до 4 Свыше 4 до 8	0,1...0,15 0,08...0,12	85...175 75...125
Сталь коррозионностойкая	$\sigma_B < 1200$	От 2 до 4 Свыше 4 до 8	0,1...0,125 0,08...0,12	40...60 28...35
	$\sigma_B > 1200$	От 2 до 4 Свыше 4 до 8	0,08...0,12 0,06...0,1	25...35
Алюминиевые сплавы		От 2 до 4 Свыше 4 до 8	0,15...0,25 0,1...0,02	200...500 250...450

Табл. 3. Силы резания на одном зубе при фрезеровании силумина

$\gamma_{\text{рад}}$	$\gamma_{\text{ос}}$	$P_x, \text{H}$	$P_y, \text{H}$	$P_z, \text{H}$
+13°	+18°	380	375	400
-9°	+12°	480	—	480
+10°	+12°	350	485	335
-10°	-7°	590	1130	560
+2°	+7°	490	800	470

Табл. 4. Силы резания на одном зубе при фрезеровании чугуна

$\gamma_{\text{рад}}$	$\gamma_{\text{ос}}$	$P_x, \text{H}$	$P_y, \text{H}$	$P_z, \text{H}$
+13°	+18°	1015	320	1240
-9°	+12°	1555	—	1565
+10°	+12°	1110	875	1240
-10°	-7°	1525	1795	1805
+2°	+7°	1240	2095	1355

Первая серия испытаний проводилась при фрезеровании алюминиевого сплава (силумин) с  $S_z = 0,089$  мм/зуб,  $S_M = 125$  мм/мин,  $v = 351,9$  м/мин,  $t = 3$  мм. Результаты измерений сведены в табл. 3.

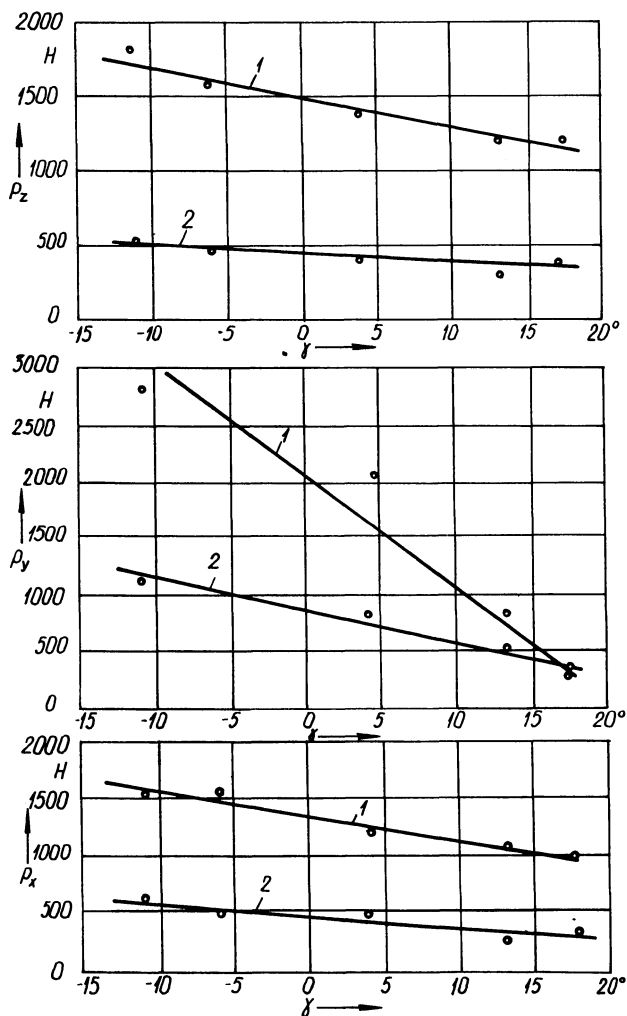


Рис. 1. Зависимость составляющих силы резания от переднего угла при обработке серого чугуна (1) и силумина (2)

Во второй серии опытов производилась обработка серого чугуна с  $S_z = 0,2$  мм/зуб,  $S_M = 80$  мм/мин,  $v = 113$  м/мин,  $t = 3$  мм. Результаты исследований сведены в табл. 4.

Графики  $P = f(\gamma)$  приведены на рис. 1. После обработки опытных данных получены следующие эмпирические зависимости для расчета сил резания: при обработке серого чугуна  $P_x = 1450\gamma^{-0,14}$ ;  $P_y = 2100\gamma^{-0,19}$ ;  $P_z = 1550\gamma^{-0,11}$ ; при обработке силумина  $P_x = 500\gamma^{-0,12}$ ;  $P_y = 880\gamma^{-0,17}$ ;  $P_z = 450\gamma^{-0,05}$ .

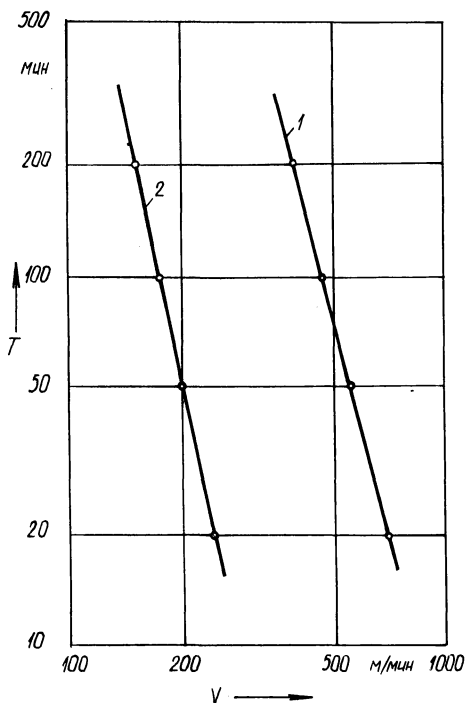


Рис. 2. Зависимость  $T-v$  для блочной (1) и стандартной (2) фрез

Проведенные исследования показали, что силы резания значительно зависят от обрабатываемого материала. Так, при обработке серого чугуна они намного больше, чем при обработке алюминиевого сплава. Особенно велики значения силы  $P_y$ : свыше 2000 Н для чугуна и свыше 1000 Н для силумина. На силы резания влияет также передний угол  $\gamma$ . С его увеличением силы резания уменьшаются.

Работоспособность фрез оценивалась по зависимости, полученной по методу ускоренных стойкостных испытаний А.С. Кондратова. Испытания проводились на вертикально-фрезерном станке мод. 6Р13 фрезой блочной с  $\gamma_{\text{рад}} = -10^\circ$ ;  $\gamma_{\text{ос}} = -7^\circ$ ;  $\varphi = 75^\circ$  диаметром 80 мм с числом зубьев  $z = 5$ . Материал образца для испытания фрезы, оснащенной пластинами из твердого сплава ВК8, — серый чугун СЧ20 твердостью 187..207 НВ. Форма образца — брусок прямоугольного поперечного сечения длиной 130 мм. Поверхностный слой материала с образца снят. Параметр шероховатости обработанной поверхности образца не превышал  $Rz \pm 40$  мкм.

Закрепление фрезы производилось с помощью цангового патрона и переходной втулки. Износ контролировался с помощью микроскопа с ценой деления 1 мкм. Эксперименты повторялись в каждой точке 3 раза, т.е. изнашивались поочередно 3 пластины. До начала эксперимента работали на средней скорости  $v = 89,176$  м/мин 10 мин, чтобы исключить период приработки. При проведении всех экспериментов  $t = 3$  мм,  $S_z = 0,2$  мм/зуб.

Полученная зависимость имеет вид  $v = 1749/T^{0,33}$ . Результаты стойкост-

ных испытаний приведены на рис. 2. Период стойкости блочной фрезы почти в 2,5 раза выше, чем период стойкости стандартной фрезы при работе на одинаковых скоростях резания.

УДК 621.002.1

В.Н. ВОРОНОВ (Пензен. политехн. ин-т),  
Н.И. ЖИГАЛКО (БПИ),

Ю.П. КУЗЬМИН (Пензен. политехн. ин-т), кандидаты техн. наук

## ЗАТЫЛОВАНИЕ РЕЖУЩИХ ИНСТРУМЕНТОВ ФРЕЗОТочЕНИЕМ

Разработка более совершенных способов образования заднего угла многолезвийных инструментов типа фрез, метчиков — актуальная задача современного инструментального производства.

В настоящее время наибольшее распространение получил способ радиального затылования [1]. При этом способе возможно образование затылка зуба по прямой, циклоиде, спирали и др. Формообразование обеспечивается соотношением скоростей вращательного движения затылуемого инструмента и возвратно-поступательного затыловочного (резца или шлифовального круга). Наличие возвратно-поступательного движения затыловочного инструмента — один из недостатков данного способа, связанный с ограничением скорости выполнения процесса из-за больших динамических нагрузок, применением большого количества дорогостоящих затыловочных кулачков и специального оборудования. Кроме того, узлы станка, обеспечивающие возвратно-поступательное движение, снижают жесткость системы, что отрицательно сказывается на качестве изделия.

Указанные недостатки вынуждают изыскивать другие способы затылования, которые в своей кинематике не содержат возвратно-поступательного формообразующего движения. В частности, к таким способам относятся затылования по дуге окружности, центр которой не совпадает с центром инструмента [2], и по гипотрохоиде (укороченной гипоциклоиде) [3]:

В первом случае процесс затылования может быть реализован на универсальном оборудовании за счет смещения оси затылуемого инструмента относительно оси поворота его в процессе затылования. При этом способе процесс затылования прерывистый, требующий применения делительного устройства, как следствие его сложно автоматизировать. Применение этого способа из-за низкой производительности целесообразно в единичном и мелкосерийном производстве.

Затылование по гипотрохоиде осуществляется за счет вращения инструмента вокруг двух параллельных осей с различными по величине и направлению угловыми скоростями. Отношение угловых скоростей принимают равным числу зубьев затылуемого инструмента. Процесс затылования по этому способу непрерывен, однако требует применения специальных приспособлений и оборудования.

Предлагаемый способ затылования фрезоточением исключает указанные недостатки (рис. 1). Формообразование затылка зуба изделия осуществляется вращательным главным движением  $D_r$  затыловочного инструмента — фрезы