

ОБЗОР КОНСТРУКЦИЙ РЕЗЬБОВЫХ ФРЕЗ

Р.С. Ахмедов

axmedobp@gmail.com

SPIN-код: 2667-8155

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Российская Федерация

Аннотация

Резьбофрезерование является одним из наиболее прогрессивных методов получения резьбы, поэтому все больше инструментальных компаний занимается производством резьбовых фрез. В статье выполнен обзор конструкций и конструктивных элементов резьбовых фрез, предлагаемых в каталогах производителей. Обзор позволил выявить классификационные признаки и разработать классификацию конструкций, а также выделить преимущества и недостатки резьбовых фрез. В статье показаны основные кинематические схемы работы фрез различных типов. Результаты обзора будут полезны специалистам, использующим резьбовые фрезы, и позволят по конструкции, конструктивным элементам и профилю получаемой резьбы подобрать инструмент для решения конкретных технологических задач.

Ключевые слова

Резьба, резьбообработка, фрезерование, резьбовая фреза, резьбовое отверстие, сверло-резьбофреза, резьбовой инструмент, комбинированный инструмент

Поступила в редакцию 15.05.2018

© МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2018

Применение резьбовых фрез стало возможным благодаря внедрению современного оборудования с ЧПУ. Такие фрезы целесообразно применять в случаях, когда использование метчиков приводит к их поломкам, и по экономическим причинам. Резьбофрезерование является эффективным методом при серийном производстве, при этом такие факторы, как труднообрабатываемость материалов и большие диаметры резьб, могут стать решающими при обосновании выбора метода получения резьбы.

В настоящее время существует множество способов обработки резьбы фрезерованием [1]:

- фрезерование резьбы концевой фрезой;
- фрезерование резьбы торцевой фрезой;
- вихревое (скоростное) нарезание резьбы;
- фрезерование резьбы методом огибания;
- фрезерование дисковыми фрезами;
- фрезерование гребенчатыми фрезами.

Одним из главных преимуществ использования резьбовых фрез является то, что при обработке получается короткая стружка, которую легко эвакуировать из отверстия. Если фреза сломается, ее легко можно извлечь из отверстия, в то время как при нарезании резьбы метчиком требуются дополнительные опе-

рации, что увеличивает трудоемкость изготовления детали. К преимуществам резьбовых фрез также относится возможность получения резьбы в асимметричных/невращающихся заготовках; обработки резьбы вплотную к уступу или дну глухого отверстия; обработки резьбы в тонкостенных деталях [2].

Одна из основных задач технологов — уменьшение технологического времени. Данная задача может быть решена благодаря тому, что резьбовые фрезы уменьшают номенклатуру инструментов, потому что одна и та же фреза может быть использована для выполнения различных операций:

- нарезания правой и левой, внутренней и наружной, однозаходной и многозаходной резьбы;
- получения резьбы в глухих и сквозных отверстиях;
- комбинированной обработки;
- изготовления резьбы с малой величиной сбега.

Несмотря на ряд преимуществ процесс имеет свои ограничения:

- длина обрабатываемой резьбы не должна превышать 2,5–3,0 диаметров резьбы;
- для обработки требуются станки, имеющие возможность перемещения инструмента по винтовой траектории.

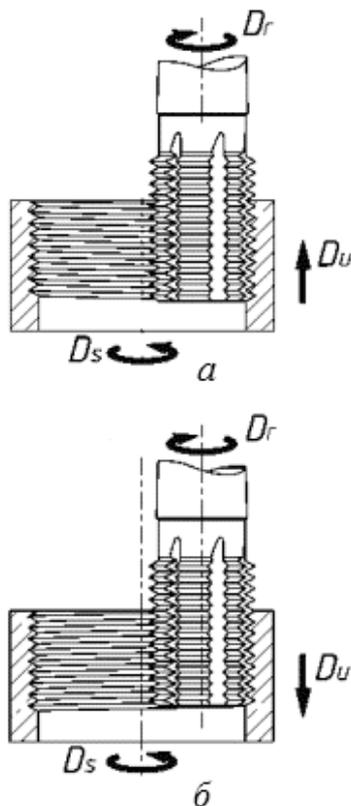


Рис. 1. Резьбофрезерование гребенчатой фрезой

Кинематическая схема процесса резьбофрезерования зависит от типа используемого инструмента, конфигурации обрабатываемой поверхности и длины обработки. Схема фрезерования резьбы гребенчатой фрезой при вращающейся заготовке представлена на рис. 1. Гребенчатая фреза является многониточной, поэтому ее можно представить как совокупность дисковых фрез, расположенных на одной оси.

Фреза устанавливается параллельно оси на всю длину обрабатываемой резьбы. Движение инструмента $D_{и}$ и окружное движение подачи $D_{с}$ может быть обеспечено как фрезой, так и заготовкой, в зависимости от используемого оборудования. Обработка резьбы совершается за 1,25 оборота заготовки. Дополнительное перемещение на 0,25 оборота требуется для перекрытия захода фрезы при врезании на высоту профиля резьбы [2]. Направление движения $D_{и}$ определяет направление нарезаемой резьбы — правое (рис. 1, а) или левое (рис. 1, б).

Разновидности фрез, выполненные на основании каталогов производителей [7–11], показаны на рис. 2.



Рис. 2. Разновидности резьбовых фрез

Конструкция сверла-резьбофрезы, которая предназначена для обработки резьбового отверстия и получения фаски за один проход, представлена на рис. 2, а [5]. Кинематическая схема процесса показана на рис. 3. Последовательность обработки происходит поэтапно: ускоренный подвод инструмента к заготовке (а); сверление отверстия со снятием фаски на торце (б); подъем инструмента на $1/3$ шага для исключения контакта торцевой части инструмента (в); тангенциальное врезание инструмента по дуге в заготовку (г); фрезерование резьбы с использованием винтовой интерполяции (д); тангенциальный отвод инструмента на ось резьбы (е); вывод инструмента из готового отверстия (ж). Резьбофреза, которая имеет возможность подготовки отверстия для получения резьбы в сплошном материале, изображена на рис. 2, б. Особенностью данной конструкции является то, что для обработки предусмотрено разделение припуска. Длина обрабатываемого отверстия ограничивается длиной шейки.

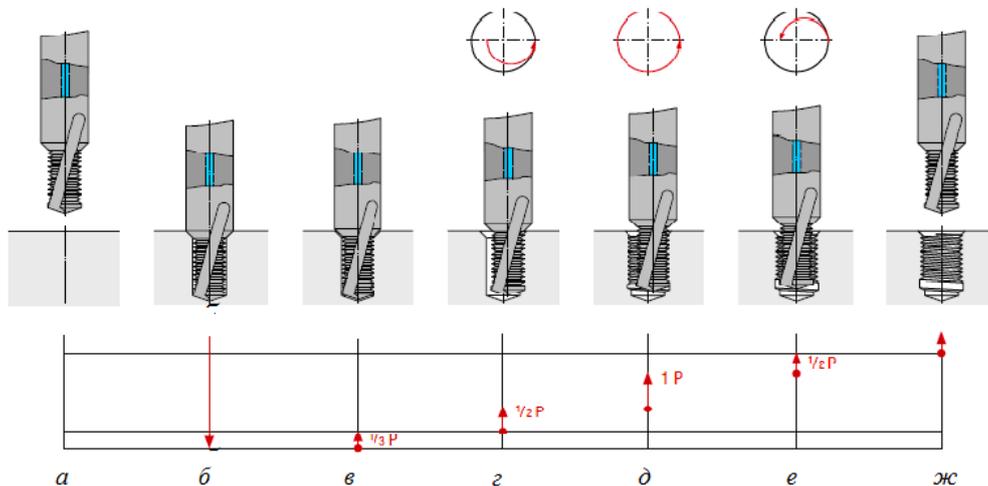


Рис. 3. Кинематическая схема процесса обработки сверлом-резьбофрезой [5, 7]

Конструкция фрезы с фаскообразующей ступенью представлена на рис. 2, в. Обработка осуществляется в предварительно подготовленном отверстии. Длина обрабатываемого отверстия ограничивается длиной рабочей части. Кинематическая схема процесса показана на рис. 4: ускоренный подвод инструмента к заготовке (а); перемещение инструмента вглубь отверстия для достижения длины резьбы и снятие фаски (б); подъем инструмента на $1/3$ шага в направлении оси отверстия (в); тангенциальное врезание инструмента по дуге в заготовку (г); фрезерование резьбы с использованием винтовой интерполяции (д); тангенциальный отвод инструмента к центру резьбы (е); вывод инструмента из отверстия (ж).

Типовая конструкция гребенчатой резьбовой фрезы для обработки наружных и внутренних резьб изображена на рис. 2, г. При нарезании внутренней резьбы требуется предварительно подготовленное отверстие. Длина обрабатываемого отверстия ограничивается длиной режущей части. Кинематическая схема процесса показана на рис. 5: ускоренный подвод инструмента к предвари-

тельно подготовленному отверстию (а); перемещение инструмента вглубь отверстия для достижения длины резьбы (б); тангенциальное врезание инструмента по дуге в заготовку (в); фрезерование резьбы с использованием винтовой интерполяции (г); тангенциальный отвод инструмента к центру резьбы (д); вывод инструмента из отверстия (е).

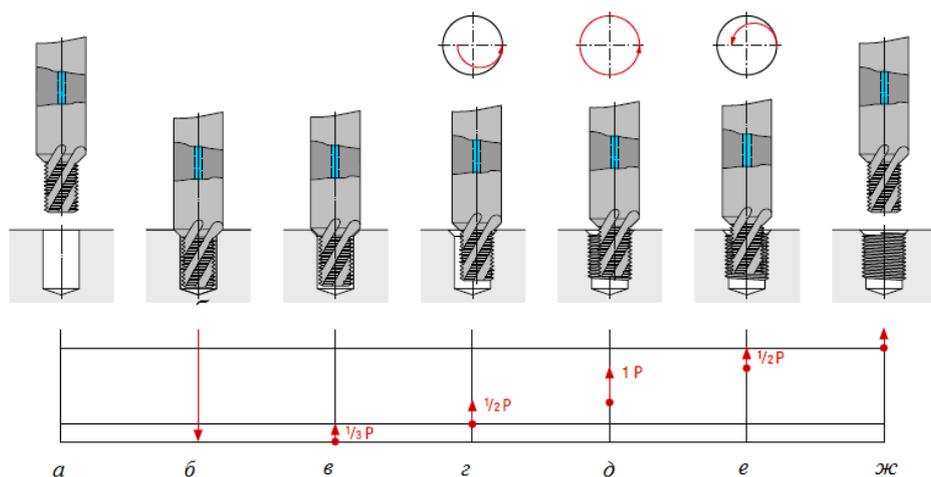


Рис. 4. Кинематическая схема процесса обработки резьбовой фрезой с фаскообразующей ступенью [7]

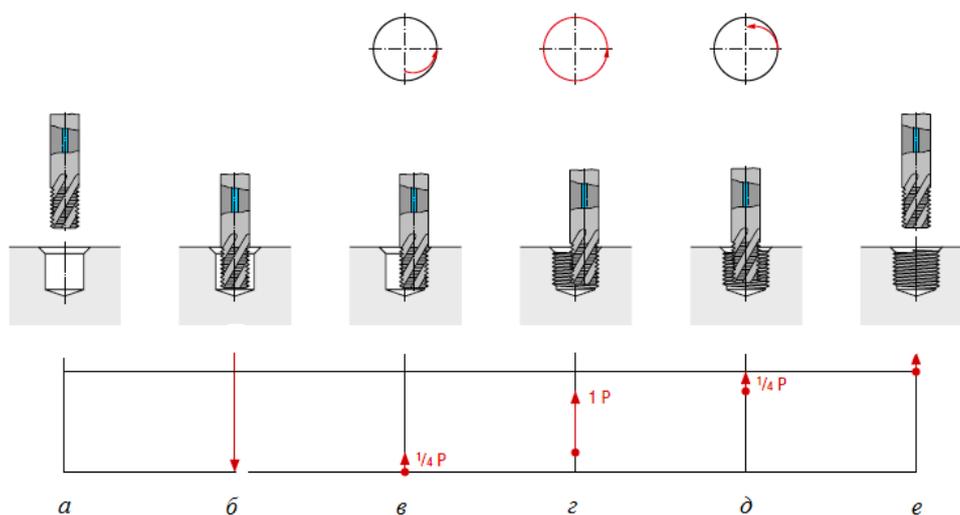


Рис. 5. Кинематическая схема работы гребенчатой резьбовой фрезой [7]

Резьбовая фреза для получения конической резьбы в предварительно подготовленном отверстии изображена на рис. 2, д. Отверстие может быть как цилиндрическим, так и коническим (более предпочтительно). Кинематическая схема процесса аналогична схеме, представленной на рис. 5. Конструкция цель-

ной дисковой фрезы для получения резьбы с мелким шагом показана на рис. 2, е. Кинематическая схема процесса схожа со схемой, показанной на рис. 5. Отличием от гребенчатых резьбовых фрез является постоянный отжим инструмента в радиальном направлении при прохождении всех витков резьбы, что позволяет его учесть и повысить точность резьбы [2]. Хвостовая фреза со сменной пластиной для обработки внутренних и наружных резьб представлена на рис. 2, ж. Кинематическая схема аналогична схеме, показанной на рис. 6. Конструкция насадной резьбовой фрезы со сменными пластинами для обработки резьб больших диаметров показана на рис. 2, з. конструкция хвостовой резьбовой фрезы со сменными винтовыми пластинами для обработки резьб больших диаметров приведена на рис. 2, и. Чашечная резьбовая фреза для высокопроизводительной обработки резьб болтов показана на рис. 2, к. Конструкция резьбовой фрезы со сменной головкой изображена на рис. 2, л. В такой конструкции возможна система внутреннего подвода смазочно-охлаждающей жидкости, что повышает эффективность эвакуации стружки.

Конструкция резьбовой фрезы с шахматным расположением режущих кромок представлена на рис. 2, м. При нарезании внутренней резьбы требуется предварительно подготовленное отверстие. Длина обрабатываемого отверстия ограничивается длиной режущей части. Кинематическая схема процесса показана на рис. 6: перемещение инструмента вдоль оси отверстия для достижения длины резьбы (а); тангенциальное врезание инструмента по дуге в заготовку (б);

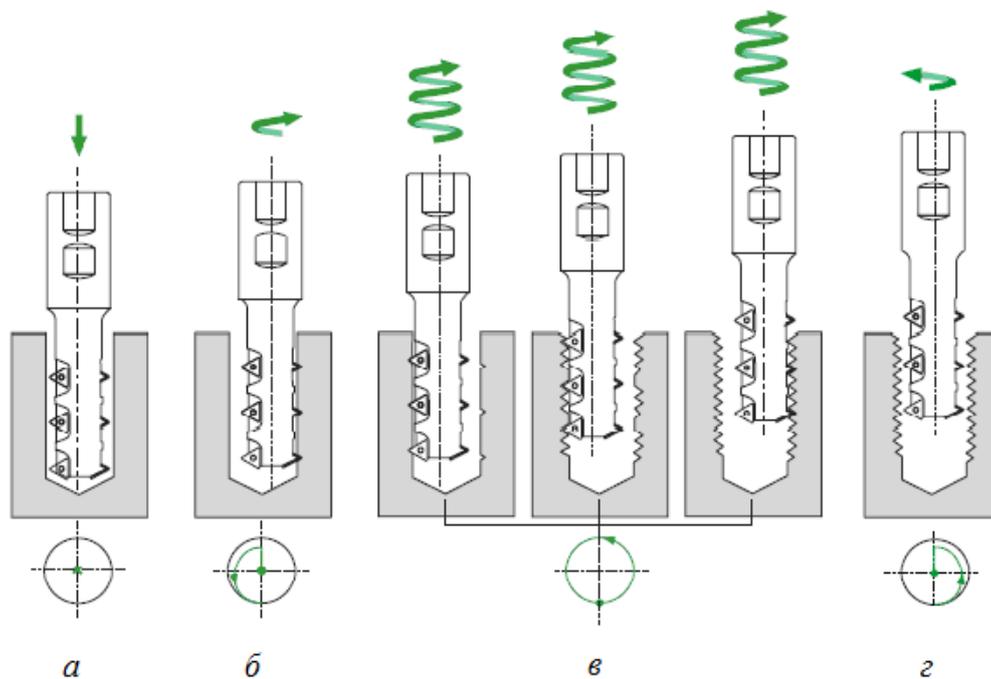


Рис. 6. Кинематическая схема процесса обработки фрезой с шахматным расположением резьбовых профилей [11]

фрезерование резьбы с использованием винтовой интерполяции (*в*); одновременная обработка нескольких участков резьбы (вся длина нарезаемой резьбы образуется за число переходов, равных отношению длины нарезаемой резьбы и шага между режущими профилями); тангенциальный отвод инструмента к центру резьбы (*г*). Расстояние между рядами должно составлять целое число, кратное шагу изготавливаемой резьбы, поэтому некоторые корпуса можно использовать для получения резьбы с различным шагом [11].

Существуют фрезы, которые расширяют возможности обычных фрез. По разновидностям фрез, показанных на рис. 2, и кинематическим схемам их работы составим табл. 1, в которой представим характерные признаки, отражающие возможность использования данных инструментов при различных условиях работы.

Таблица 1

Расширенные возможности резьбовых фрез

Признак	<i>а</i>	<i>б</i>	<i>в</i>	<i>г</i>	<i>д</i>	<i>е</i>	<i>ж</i>	<i>з</i>	<i>и</i>	<i>к</i>	<i>л</i>	<i>м</i>
Обработка без подготовленного отверстия	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Комбинированная обработка	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Обработка длинных резьб	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	+	-
Разделение припуска	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+
Получение резьбы с различным шагом	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	+	+

Обзор каталогов производителей резьбовых фрез: Sandvik, Walter, Emuge, Carmex, Vargus, Jel, Mimatic, Guhring показал все их разнообразие, а также он помог выявить классификационные признаки, необходимые при подборе инструмента для технического задания.

Основываясь на конструкциях, представленных на рис. 2, представим таблицу с диапазоном типовых размеров данных фрез. С помощью табл. 2 можно выбрать инструмент для получения заданной резьбы, а также определить, у какого производителя есть резьбовая фреза требуемой конструкции.

Проанализировав данные, приведенные в табл. 2, можно сделать следующие выводы:

- с помощью резьбовых фрез можно изготовить резьбу с шагом 0,25...6,00 мм диаметром от М1;
- фрезы некоторых конструкций можно использовать для обработки как внутренних, так и наружных резьб;
- длина получаемой резьбы ограничена длиной рабочей части инструмента.

При выборе диаметра инструмента в зависимости от нарезаемой резьбы следует принимать во внимание, что для исключения геометрической погрешности диаметр резьбы диаметр инструмента должен составлять не более 75 % диаметра резьбы. В общем случае необходимо проводить проверочный расчет диаметра рабочей части фрезы для обработки резьбы принятой степени точности [4, 6].

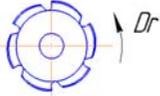
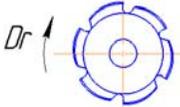
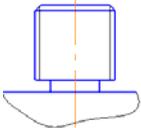
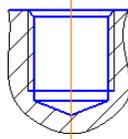
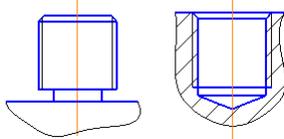
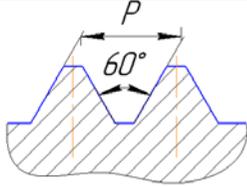
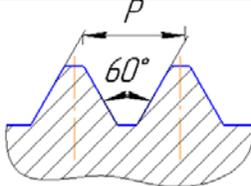
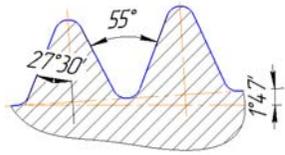
Обзор конструкций резьбовых фрез

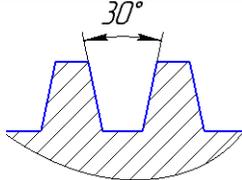
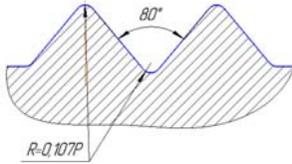
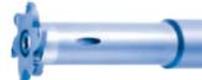
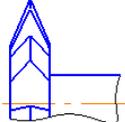
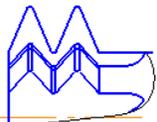
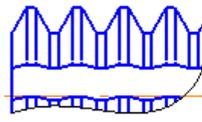
Марка фрезы	Эскиз фрезы	Диаметр рабочей части, мм	Шаг резьбы, мм	Количество зубьев, шт	Длина фрезы, мм
Сверло-резьбофреза		2,4...13,2	0,5...2,0	2...4	48...102
Гребенчатая фреза		4,8...19,9	0,5...3,0	3...5	13,5...105
Фреза с винтовыми канавками		23...45	1...6	2...6	110...130
Фреза для конической резьбы		5,9...20	1/16...2 1/2	3...5	50...120
Фреза для автоматических станков		52,0...73,5	0,5...1,5	–	6...16
Резьбофреза с зенковочной частью		2,4...13,6	0,5...2	3...4	42...110
Резьбофреза со сменными головками		9,6...26,0	0,5...5,0	3...6	–
Фреза-резьбофреза		0,7...15,9	0,25...2,0	3...6	30...105
Фреза для мелких резьб		1...16	0,25...2,0	1...5	39...78
Фреза со сменными кассетами		9...52	0,5...6	1...5	68...270
Резьбофреза с шахматным расположением зубьев		24...50	3...5	3	110...211

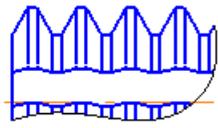
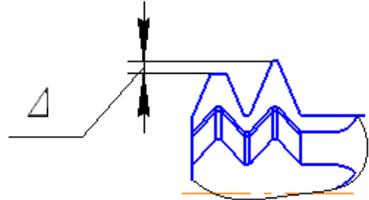
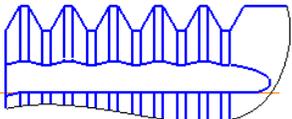
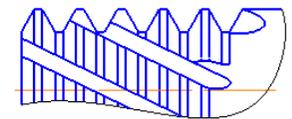
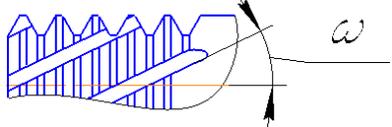
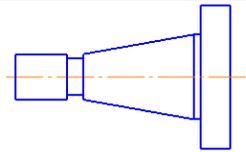
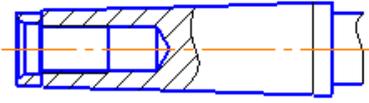
Анализ конструкций помог выявить конструкционные признаки резьбовых фрез, представленные в табл. 3, которая построена на основании изучения публикации [3] и является расширенной и дополненной по сравнению с [3]. Классификационные признаки условно разделены на несколько секций. В первой секции рассмотрены такие параметры, как направление зубьев и общая конструкция

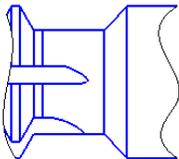
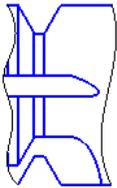
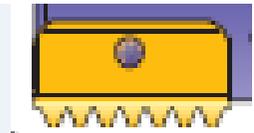
Таблица 3

Классификация конструктивных элементов резьбовых фрез

Классификационный признак	Значение классификационного признака		
Исполнение	Правые		Левые
			
Тип исходной поверхности	Цилиндрическая		Коническая
			
Тип обрабатываемой поверхности	Наружная	Внутренняя	Универсальные
			
Форма профиля получаемой резьбы	Метрическая <i>M</i>		Унифицированная <i>UN</i>
			

Классификационный признак	Значение классификационного признака			
	Форма профиля получаемой резьбы	Трапецидальная <i>TR</i> 	Панцирная трубная <i>PG</i> 	
Длина резьбы	1,5 <i>D</i>	2 <i>D</i>	2,5 <i>D</i>	≥ 3 <i>D</i>
Способ изготовления	Цельные	Сборные хвостовые с СМП	Насадные сборные с СМП	Со сменной головкой
				
Материал режущей части	Быстрорежущая сталь	Твердый сплав		Алмаз поликристаллический
Покрытие режущей части	Без покрытия		С покрытием	
			TiAlN	TiCN
Материал корпуса	Сталь		Твердый сплав	
Число профилей режущей кромки	<i>n</i> = 1	<i>n</i> = 2		<i>n</i> > 2
				

Классификационный признак	Значение классификационного признака		
	Полный	Неполный	Шахматный
Профиль на фрезе			
Угол наклона стружечных канавок	$\omega = 0^\circ$ 	$\omega > 0^\circ$ 	$\omega < 0^\circ$ 
Хвостовик	Обычный		Удлиненный
Тип хвостовика	Конус 7 : 24 	HE 	HA 
	HВ 	▷ Морзе 	

Классификационный признак	Значение классификационного признака		
Наличие шейки	С шейкой	Без шейки	
			
Виды пластин	Винтовые	Резцовые	Прямые
			
Наличие каналов СОЖ	Без каналов	С системой каналов	
		Прямые	Спиральные
Количество каналов СОЖ	1	2	3
Расширенные функции инструмента	Фреза-резьбофреза	Сверло-резьбофреза	Фреза с зенковочной частью
			

резьбовой фрезы. Во вторую секцию включены признаки, касающиеся типа обрабатываемой поверхности, формы получаемой резьбы и максимальной длины обработки. В третьей секции рассмотрены признаки режущей части (тип исходной поверхности, способ изготовления инструмента, количество профилей режущих кромок, угол наклона стружечной канавки). К четвертой секции относятся особенности исполнения хвостовой части (материал корпуса, тип хвостовка, наличие шейки). В пятой секции рассмотрены расширенные функции резьбовых фрез, позволяющих вести комбинированную обработку поверхностей изделий, и система подвода смазочно-охлаждающей жидкости с различными типами каналов.

Классификация конструктивных элементов резьбовых фрез приведена в табл. 3. Пользуясь данной таблицей, можно спроектировать фрезу или подобрать конструктивные элементы фрез для решения конкретных технологических задач.

В работе выполнен литературный обзор резьбовых фрез по каталогам компаний-производителей, выявлены параметры и конструктивные признаки, сведенные в таблицы, которыми можно пользоваться при подборе инструмента для внедрения его в технологический процесс.

Литература

- [1] Мальков О.В. Анализ способов обработки резьбы фрезерованием. *Машиностроение и компьютерные технологии*, 2016, № 4. URL: <http://technomag.bmstu.ru/doc/838440.html>.
- [2] Мальков О.В. Основные направления исследования резьбофрезерования и проектирования резьбовых фрез. *Инженерный журнал: наука и инновации*, 2016, № 4. URL: <http://engjournal.ru/catalog/mesc/tempp/1487.html>.
- [3] Мальков О.В., Степанова М.Ю. Анализ конструктивных параметров резьбовых фрез. *Машиностроение и компьютерные технологии*, 2015, № 7. URL: <http://technomag.bmstu.ru/doc/779372.html>.
- [4] Мальков О.В. Исследование точности резьбы при резьбофрезеровании сверло-резьбофрезой. *Машиностроение и компьютерные технологии*, 2007, № 11. URL: <http://technomag.bmstu.ru/doc/68985.html>.
- [5] Мальков О.В., Литвиненко А.В., Малькова Л.Д. Обзор конструкций комбинированных инструментов для изготовления отверстий сложного профиля, содержащих резьбовую участок. *Справочник. Инженерный журнал*, 2002, № 10, с. 49–57.
- [6] Древаль А.Е., Мальков О.В., Литвиненко А.В. Точность обработки внутренних резьб комбинированным инструментом. *Известия высших учебных заведений. Машиностроение*, 2011, № 12, с. 44–52.
- [7] EMUGE. Технология резьбообразования. Технология крепления. URL: <http://www.emuge-franken.ru/files/TECH140RU11.pdf> (дата обращения 23.12.2017).
- [8] Решение проблем при фрезеровании резьбы. URL: http://www.sandvik.coromant.com/ru-ru/knowledge/threading/thread_milling/troubleshooting/pages/default.aspx (дата обращения 18.12.2017).
- [9] Carmex. Metric 2012-13. URL: http://www.carmex.com/var/files/Carmex_catalogue_web.pdf (дата обращения 18.12.2017)

- [10] Vargus. Главный каталог.
URL: <http://www.vargus.com/Vargus/userdata/SendFile.asp?DBID=1&LNGID=1&GID=395>
(дата обращения 12.12.2017).
- [11] Walter. Product innovations. Edition 2016-2. URL: http://www.camcut.fi/pdf/Walter_i-PAC_16-2_EN.pdf (дата обращения 26.12.2017).

Ахмедов Руслан Сехрабович — студент кафедры «Инструментальная техника и технологии», МГТУ им. Н. Э. Баумана, Москва, Российская Федерация.

Научный руководитель — Мальков Олег Вячеславович, кандидат технических наук, доцент кафедры «Инструментальная техника и технологии», МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Российская Федерация.

OVERVIEW OF THE THREAD MILLS CONSTRUCTIONS

R.S. Akhmedov

axmedobp@gmail.com

SPIN-code: 2667-8155

Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russian Federation

Abstract

Thread milling is one of the most advanced methods of getting the thread, that is why a growing number of tool companies are engaged in manufacturing the thread mills. The paper undertakes a review of constructions and design elements of the thread mills suggested in the manufacturers' catalogues. The review allows eliciting the classification features and developing the classification of the constructions as well as identifying the advantages and disadvantages of the thread mills. The paper shows the main kinematic operation schemes of the different types of mills. The results of the review will be useful for the specialists utilizing the thread mills and allow selecting the tool for solving the particular technological problems by the construction, design elements and profile of the thread obtained.

Keywords

Thread, threading, milling, thread mill, threaded hole, drill thread milling cutter, threaded tool, combined tool

Received 15.05.2018

© Bauman Moscow State Technical University, 2018

References

- [1] Mal'kov O.V. Analysis of the thread milling methods. *Mashinostroenie i komp'yuternye tekhnologii* [Mechanical Engineering and Computer Science], 2016, no. 4. Available at: <http://technomag.bmstu.ru/doc/838440.html>.
- [2] Mal'kov O.V. The main directions of thread milling research and thread milling cutter design. *Inzhenernyy zhurnal: nauka i innovatsii* [Engineering Journal: Science and Innovation], 2016, no. 4. Available at: <http://engjournal.ru/catalog/mesc/temp/1487.html>.
- [3] Mal'kov O.V., Stepanova M.Yu. The analysis of design parameters of thread milling cutters. *Mashinostroenie i komp'yuternye tekhnologii* [Mechanical Engineering and Computer Science], 2015, no. 7. Available at: <http://technomag.bmstu.ru/doc/779372.html>.
- [4] Mal'kov O.V. Research on thread accuracy in thread milling by drill thread mill. *Mashinostroenie i komp'yuternye tekhnologii* [Mechanical Engineering and Computer Science], 2007, no. 11. Available at: <http://technomag.bmstu.ru/doc/68985.html>.
- [5] Mal'kov O.V., Litvinenko A.V., Mal'kova L.D. Review on combined tools construction for making complex profile holes with thread area. *Spravochnik. Inzhenernyy zhurnal* [Handbook. An Engineering journal with appendix], 2002, no. 10, pp. 49–57.
- [6] Dreval' A.E., Mal'kov O.V., Litvinenko A.V. Accuracy of machining internal threads with a combined tool. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Mashinostroenie* [Proceedings of Higher Educational Institutions. Machine Building], 2011, no. 12, pp. 44–52.
- [7] EMUGE. Tekhnologiya rez'boobrazovaniya. Tekhnologiya krepleniya [EMUGE. Thread cutting technology. Clamping technology]. Available at: <http://www.emuge-franken.ru/files/TECH140RU11.pdf> (accessed 23 December 2017).

- [8] Reshenie problem pri frezerovanii rez'by [Troubleshooting for thread milling]. Available at: http://www.sandvik.coromant.com/ru-ru/knowledge/threading/thread_milling/troubleshooting/pages/default.aspx (accessed 18 December 2017).
- [9] Carmex. Metric 2012-13. Available at: http://www.carmex.com/var/files/Carmex_catalogue_web.pdf (accessed 18 December 2017)
- [10] Vargus. Glavnyy katalog. Available at: <http://www.vargus.com/Vargus/userdata/SendFile.asp?DBID=1&LNGID=1&GID=395> (accessed 12 December 2017).
- [11] Walter. Product innovations. Edition 2016-2. Available at: http://www.camcut.fi/pdf/Walter_i-PAC_16-2_EN.pdf (accessed 26 December 2017).

Akhmedov R.S. — student, Department of Tool Engineering and Technologies, Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russian Federation.

Scientific advisor — O.V. Malkov, Cand. Sc. (Eng.), Assoc. Professor, Department of Tool Engineering and Technologies, Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russian Federation.