



Обработка металлов (технология • оборудование • инструменты)

Сайт журнала: http://journals.nstu.ru/obrabotka_metallov

Повышение работоспособности охватывающей фрезы с режущими элементами из композита при нарезании трапецидальной резьбы с элементами разрыва

Евгений Кудряшов^{а, *}, Татьяна Каменева^б

Юго-Западный государственный университет, ул. 50 лет Октября, 94, г. Курск, 305040, Россия

^а  <https://orcid.org/0000-0002-1627-1919>,  kea-swsu@mail.ru, ^б  <http://orcid.org/0000-0002-9187-3039>,  taska015@mail.ru

ИНФОРМАЦИЯ О СТАТЬЕ

УДК 621.9

История статьи:

Поступила: 20 ноября 2017

Рецензирование: 31 января 2018

Принята к печати: 15 февраля 2018

Доступно онлайн: 15 марта 2018

Ключевые слова:

Винтовая поверхность

Элемент прерыва

Режущий элемент

Удар

Стойкость

Способ обработки

АННОТАЦИЯ

Цель: повышение работоспособности охватывающей фрезы благодаря разработанному способу настройки резцов на расчетные значения углов безударного резания, вследствие применения которого расширяются технологические возможности хрупкого инструментального материала композит при нарезании трапецидальной резьбы с элементами разрыва. В работе проведен анализ физико-механических характеристик инструментальных материалов группы композитов. Отмечается, что основной причиной низкой работоспособности режущих элементов охватывающей фрезы является скалывание их вершин и режущих кромок при врезании (выходе) инструмента в заготовку и прохождении через элементы разрыва резьбы образованными второстепенными конструктивными элементами, находящимися на ее поверхности. **Методы:** экспериментальные исследования проведены на токарно-винторезном станке с установкой на суппорте специального приспособления для нарезания резьбы, оснащенного сменной охватывающей фрезой, имеющей комплект резьбовых резцов, режущая часть которых выполнена из инструментального материала композит. Качество обработанной поверхности резьбы и точность исполнения контролировались оптическим методом с использованием стандартных и специальных средств измерений. **Результаты и обсуждение:** приведены рациональные значения геометрии режущего элемента и режимов нарезания трапецидальной резьбы охватывающей фрезой, оснащенной комплектом режущих элементов из инструментального материала композит, настроенной на врезание в обрабатываемую заготовку с элементами разрыва таким образом, чтобы встреча и последующее формообразование резьбы происходили в области передней поверхности режущего элемента, максимально удаленной как от его вершины, так и режущих кромок. Использование способа настройки, защищенного патентом РФ, позволило повысить работоспособность охватывающей фрезы и расширить область применения инструментального материала композит при прерывистом резании.

Для цитирования: Кудряшов Е.А., Каменева Т.Е. Повышение работоспособности охватывающей фрезы с режущими элементами из композита при нарезании трапецидальной резьбы с элементами разрыва // Обработка металлов (технология, оборудование, инструменты). – 2018. – Т. 20, № 1. – С. 33–43. – doi: 10.17212/1994-6309-2018-20.1-33-43.

Введение

Повышение эффективности использования лезвийного инструмента, обладающего уникальными физико-механическими и режущими свойствами при многих видах обработки поверхностей деталей различной конструктивной сложности, в том числе содержащих на обрабатываемой поверхности конструктивные элементы разрыва, является актуальной задачей

современной металлообработки. Однако из-за прерывистого характера процесса резания режущие элементы из модификаций композита вследствие своей природной хрупкости не могут составить конкуренцию шлифованию – традиционному методу чистовой и отделочной обработки поверхностей различной конструктивной сложности [1–6]. Существуют и другие причины потери режущей способности инструментальных материалов, например:

- отсутствие рекомендаций для выбора рациональной марки инструментального материала, учитывающей особенности конструкции обрабатываемой поверхности;

*Адрес для переписки

Кудряшов Евгений Алексеевич, д.т.н., профессор
АО «Научно-исследовательский инженерный институт»
шоссе Энтузиастов, 6,
143912, г. Балашиха, Московская область, Россия
Тел.: 8 (915) 339-99-29, e-mail: kea-swsu@mail.ru

- неоправданно малое внимание связи формы профиля режущего элемента и условиями контакта его передней поверхности с заготовкой;

- разрушение режущего элемента в момент врезания (выхода) его вершины и режущих кромок в заготовку, содержащую элементы разрыва обрабатываемой поверхности (пазы, второстепенные отверстия различной формы, расположение и количество).

Обобщение опыта отечественной и зарубежной металлообработки в области изготовления конструктивно сложных поверхностей деталей класса «Тела вращения» свидетельствует о том, что основной причиной потери режущей способности инструмента является ударное столкновение его хрупкой вершины и режущих кромок с обрабатываемыми элементами конструкции (врезание, элементы разрыва, выход из контакта). В работах [7–11] отмечается, что за период резания многократная встреча резца с элементами разрыва практически за короткое время приводит к выкрашиванию рабочей части. То что разрушение режущего элемента является основной причиной потери работоспособности инструмента, отражено и в других работах [12–15].

Таким образом, целью данной работы является установление особенностей контактного взаимодействия режущего элемента и обрабатываемой поверхности заготовки, на базе которых благодаря разработанному способу настройки резцов на расчетные значения углов безударного резания повышается работоспособность охватывающей фрезы и расширяются технологические возможности хрупкого инструментального материала композит в условиях прерывистого резания.

Методика экспериментального исследования

Экспериментальные исследования проводились на специальном приспособлении, установленном на суппорте токарно-винторезного станка (рис. 1).

Охватывающая фреза состоит из массивного корпуса с пазами для установки резцов. Каждый из четырех резцов закрепляется парой винтов. Резцы устанавливаются по специальному шаблону (эталонная ранее изготовленная деталь) непосредственно на станке или вне станка с помощью специального приспособления, исключая

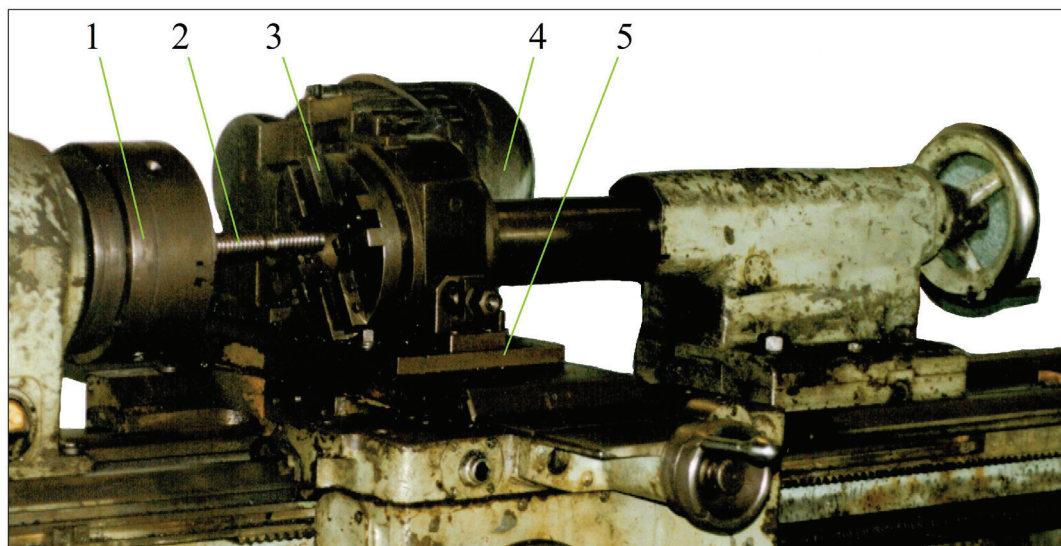


Рис. 1. Приспособление для нарезания резьбы охватывающей фрезой:

1 – патрон для закрепления заготовки (второй торец заготовки закреплен центром задней бабки); 2 – заготовка, деталь – винт ходовой; 3 – охватывающая фреза, оснащенная четырьмя резьбонарезными резцами; 4 – электродвигатель привода охватывающей фрезы; 5 – опорная (установочная) плита приспособления

Fig. 1. Device for threading by the internally cutting mill

1 – chuck; 2 – part, Feed-screw; 3 – internally cutting mill with four cutters; 4 – electric motor; 5 – base-plate

ющего необходимость подналадки при смене охватывающей фрезы. Резцы устанавливаются таким образом, чтобы равномерно распределить между ними снимаемый припуск.

Типовая деталь «винт ходовой» содержит на обрабатываемой поверхности резьбы элемент разрыва (сквозное отверстие диаметром 6 мм), рис. 2. Материал детали и его заменитель – сталь 40Х13 (30Х13).

На рис. 3 представлена схема нарезания резьбы охватывающей фрезой, оснащенной четырьмя резцами.

Инструмент (фреза, оснащенная четырьмя зубьями-резцами) работает по схеме внутреннего касания, при этом кинематика процесса аналогична фрезерованию полый охватывающей фрезой. Резьба формируется за один проход одинаковой формы резцами полного профиля, когда каждый из них режет тремя режущими кромками и окончательно профилирует впадину резьбы на участке дуги, соответствующей величине круговой подачи на резец.

На рис. 4 представлена конструкция одного из четырех резцов охватывающей фрезы, предназначенных для нарезания трапецеидальной резьбы.

Размеры, форма, точность, качество подготовки режущих кромок определяются в каждом конкретном случае в зависимости от профиля, размеров и длины нарезания резьбы.

Форма передней поверхности образуется переточкой режущего элемента на расчетные значения циклоидального профиля кругом

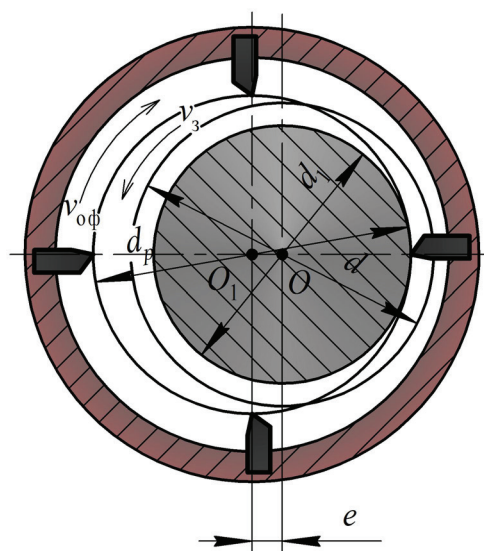


Рис. 3. Схема нарезания резьбы охватывающей фрезой:

$v_{оф}$ – направление вращения охватывающей фрезы; v_z – направление вращения заготовки; d_p – диаметр окружности вершин резцов; d – наружный диаметр нарезаемой резьбы; d_1 – внутренний диаметр нарезаемой резьбы; e – эксцентриситет; O_1 и O – оси вращения фрезы и заготовки соответственно

Fig. 3. Scheme for threading by the internally cutting mill:

$v_{оф}$ – rotational direction of the internally cutting mill; v_z – rotational direction of the part; d_p – diameter of the circumference of the cutter tips; d – external diameter of the thread to be cut; d_1 – internal diameter of the thread to be cut; e – eccentricity; O_1 and O – axes of rotation of the mill and workpiece

АСО 80/63-125/100 Б1 100 % на связках М1, М5, Т02 с доводкой и охлаждением при следующих режимах резания: $V = 25$ м/с; $S_{II} = 0,5$ м/с; $t = 0,005$ мм/дв.ход.

Теория

В условиях прерывистого резания основной причиной потери работоспособности инструмента является ударное столкновение его хрупкой вершины и режущих кромок с элементами разрыва обрабатываемой поверхности. Поэтому создание безударных условий обработки является актуальной научной задачей, заключающейся

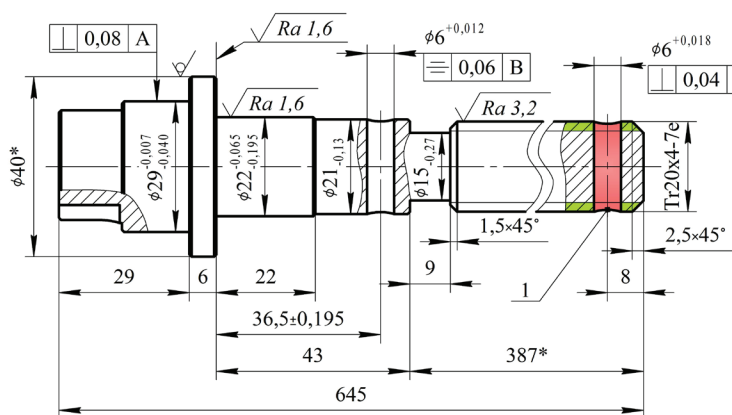


Рис. 2. Типовая деталь «винт ходовой»:

I – элемент прерыва

Fig. 2. Typical part Feed-screw:

I – interrupted element

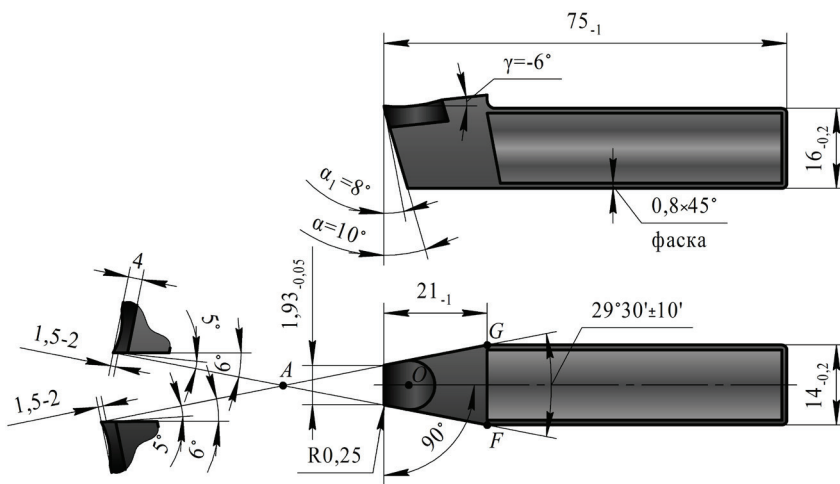


Рис. 4. Конструкция резца для оснащения охватывающей фрезы
Fig. 4. The design of the tool for equipping the internally cutting mill

в повышении периода стойкости инструмента и производительности процесса путем управления положением режущего элемента относительно нарезаемой винтовой поверхности, в том числе и с элементами ее разрыва.

Следовательно, существующая проблема сохранения периода стойкости хрупких режущих элементов охватывающей фрезы, нахождения рациональных условий для нарезания трапецидальной резьбы требует решения взаимоувязанного комплекса следующих задач:

1) обоснование рациональных условий (способа) врезания режущего элемента без разрушения в конструктивно сложную с элементами разрыва поверхность заготовки;

2) придание передней поверхности режущего элемента формы, способной без разрушения принимать динамические нагрузки прерывистого резания;

3) обоснование лучшей марки инструментального материала, обладающей возможностью в условиях прерывистого резания обеспечить точность не грубее 7-го качества при шероховатости обработанной поверхности не более $Ra\ 1,25\ \mu\text{m}$.

Задача 1. Обоснование рациональных условий (способа) врезания режущего элемента в конструктивно сложную поверхность заготовки

Обоснован способ нарезания винтовой поверхности резьбы резанием с ударом, включающий в себя обеспечение контактного взаимодействия прерывистой обрабатываемой поверхности с более прочной областью перед-

ней поверхности режущего элемента, который устанавливают под передним углом к основной плоскости резания [16, 17].

Указанный технический результат достигается взаимодействием более прочной области передней поверхности режущего элемента инструмента (см. точка O , рис. 4) с прерывистой поверхностью резания следующим образом: в состоянии первоначального контакта (рис. 5) исходная форма передней поверхности FAG под действием перпендикулярно направленных к режущим кромкам потокам стружки со скоростями $V_0, V_1, V_2, V'_1, V'_2$ по мере

продолжения резания трансформируется в многогранник $FDA'EG$.

В этом положении вероятность возникновения погрешности профиля резьбы определяется зависимостью

$$\Delta\varepsilon = \varepsilon_{\phi} - \varepsilon, \quad (1)$$

где ε_{ϕ} – фактический угол профиля резьбы, образованный вследствие изнашивания режущего элемента; $\varepsilon = 60^\circ$ – номинальный угол при вершине режущего элемента.

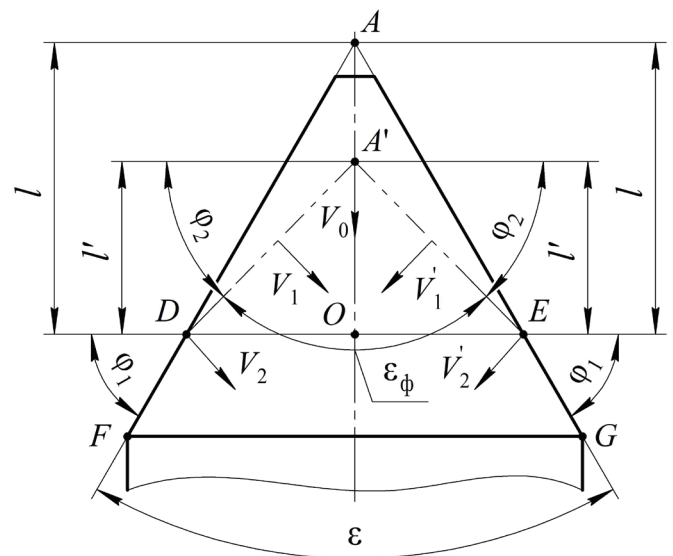


Рис. 5. Изменение формы передней поверхности режущего элемента в процессе резания

Fig. 5. Changing the shape of the face of the cutting tool during the cutting process

$$\sin \varepsilon_{\phi} = \frac{K \operatorname{tg} \alpha}{\sin 2\gamma}, \quad (2)$$

где γ – передний угол режущего элемента; α – задний угол режущего элемента (см. рис. 4); $\varphi_1(\varphi_2)$ – углы в плане исходной формы режущего элемента и после его срабатывания; K – коэффициент, учитывающий конструктивную сложность обрабатываемой винтовой прерывистой поверхности резьбы, равный $S_{\text{пр}}/S_r$ (для винтовой поверхности без элементов прерыва $K = 1$); $S_{\text{пр}}$ – площадь обрабатываемой винтовой поверхности за вычетом площади элементов прерыва; S_r – площадь обрабатываемой винтовой поверхности без элементов прерыва.

$$\Delta \varepsilon = 2 \arctg \left(\frac{l \operatorname{tg}(\varepsilon / 2)}{(r_d - 0,5d_2) + h} \right), \quad (3)$$

где l – расстояние от вершины режущего элемента A до точки O – места первоначальной встречи режущего элемента с обрабатываемой винтовой поверхностью; h – высота головки резьбы; r_d – радиус детали.

Определение настроечных углов элемента в положении оптимального первоначального контакта с обрабатываемой винтовой поверхностью происходит в следующем порядке:

- 1) определяется конструктивная сложность обрабатываемой поверхности $K = S_{\text{пр}}/S_r$;
- 2) исходя из размеров режущего элемента определяется максимально возможное l ;
- 3) по формулам (2) и (3) рассчитывается значение переднего угла γ , при котором первоначальная встреча инструмента и прерывистой обрабатываемой поверхности произойдет в заданном положении настройки – точке O .

Очевидно, что расчетное положение, при котором передняя поверхность режущего элемента встречается с прерывистой поверхностью детали без удара, является оптимальным с точки зрения сохранения периода стойкости инструмента.

Задача 2. Придание передней поверхности режущего элемента формы, способной без разрушения принимать динамические нагрузки прерывистого резания

Графическое построение трехмерных моделей арки циклоиды проведено качением окружности, диаметр которой для режущего элемента

из инструментального материала композит 10 равен максимально возможной удвоенной глубине резания. При этом для режущего элемента формируется модельный ряд вариантов передней поверхности циклоидального профиля. Отличительной особенностью вариантов являются принадлежащие каждому из вариантов собственный угол и контур, формируемый дискретным изменением величины угла наклона касательной к циклоидальному профилю передней поверхности резца. Предпочтение в выборе отдается модели арки циклоиды с максимальными значениями расчетных величин, определяющими на передней поверхности место нахождения участка, наиболее отдаленного от хрупкой вершины и наиболее благоприятного для первоначальной встречи (врезания) режущего элемента и заготовки под углом β (рис. 6).

Циклоидальная форма профиля способствует уменьшению силы трения стружки о переднюю поверхность, что обеспечивает при рациональных условиях врезания режущего элемента в заготовку сохранение на длительный период стойкости инструментального материала [18–20].

Задача 3. Обоснование эффективной марки инструментального материала для условий прерывистого резания

Из известных инструментальных материалов, применение которых возможно на операциях токарной обработки, группа сверхтвердых материалов обладает объективными преимуществами: способностью обеспечить высокоскоростную обработку поверхностей деталей различной конструктивной сложности с требуемой точностью не грубее 7-го качества и шероховатостью $Ra\ 0,32 \dots 0,63$ мкм, исключая вероятность прижогов, шаржирование, формирование растягивающих напряжений, характерных для операций шлифования.

В группе сверхтвердых материалов насчитывается более десяти марок композитов, из которых для прерывистого резания наиболее часто используется пять, а именно марки композита 01, 02, 05, 09, 10.

Сравнение пяти важнейших физико-механических характеристик отдает предпочтение композиту 10, который обладает неоспоримыми преимуществами (рис. 7) [2, 7, 8].

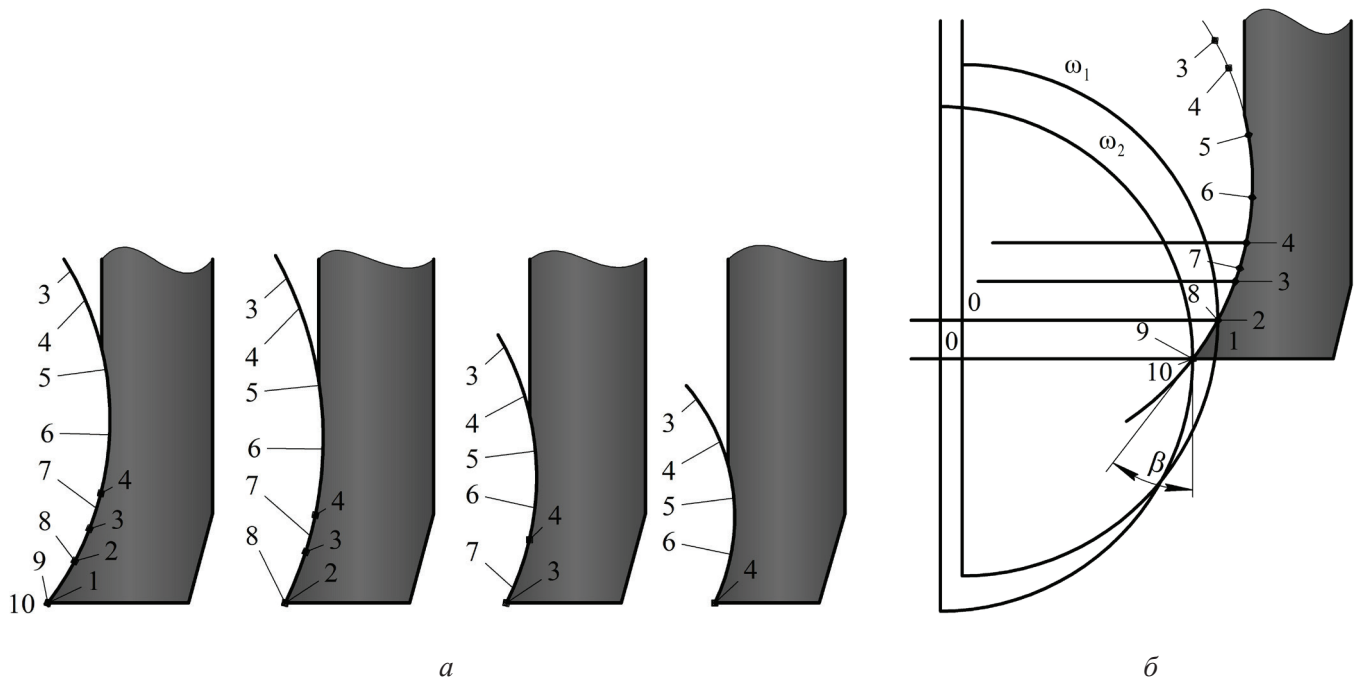


Рис. 6. Геометрическое построение модели арки циклоиды:

a – модельный ряд передних поверхностей инструмента со ступенчатым интервалом возрастания углов от 1, 2, 3 до *n*;
б – схема кривой для построения оптимизированного профиля модельного ряда

Fig. 6. Geometrical construction of the cycloid arc:

a – model range of the front surfaces of the tool with a stepped interval of increasing angles from 1, 2, 3 to *n*; *б* – scheme of the curve for constructing an optimized profile of the model range

Характеристика 1	Характеристика 2	Характеристика 3	Характеристика 4	Характеристика 5
E , ГПа	σ_n , ГПа	σ_p , ГПа	T , °C	K_{Ic} , МПа $\times$ м ^{1/2}
880 — К10	1,50 — К10	0,49 — К01	1500 — К10	7,12 — К10
840 — К01	1,19 — К09	0,39 — К10	1470 — К01	7,10 — К05
800 — К02	0,98 — К01	0,35 — К09	1300 — К02	7,00 — К05
720 — К05	0,80 — К02	0,30 — К05	1200 — К05	4,62 — К02
700 — К09	0,60 — К05	0,22 — К05	1050 — К05	4,17 — К01
500 — К09	0,50 — К05			
Модуль упругости	Предел прочности при изгибе	Предел прочности при растяжении	Термостойкость	Коэффициент трещиностойкости

Рис. 7. Сравнение физико-механических характеристик марок композитов

Fig. 7. Comparison of physical and mechanical characteristics of composites

Результаты и их обсуждение

Экспериментальные данные получены при оснащении резцов охватывающей фрезы инструментальным материалом композит 10 и настройке ее положения с первоначальной встречей инструмента с конструктивно сложной поверхностью детали в точке передней поверхности режущего элемента, максимально удаленной от вершины и режущих кромок.

Суммарная погрешность нарезанной резьбы $Tr\ 20\times 4-7e$ на заготовке из стали 40X13 и рассеяние размеров приведены в табл. 1.

Полученные показатели ухудшаются на 10, 20 и 35 % при замене композита 10 на композит 01, композит 09 и композит 05 соответственно.

Отказ от настройки режущих элементов охватывающей фрезы в положение оптимальных условий встречи с обрабатываемой конструктивно сложной поверхностью резко ухудшает искомые показатели суммарной погрешности нарезаемой резьбы и делает их неприемлемыми для использования практически всех марок композитов.

Как следует из анализа данных табл. 1, рассеяние размеров не превышает одной трети суммарного допуска номинального среднего диаметра. Оставшееся значение суммарного допуска по номинальному среднему диаметру резьбы в

полной мере способно компенсировать образующиеся погрешности, вызванные износом режущего элемента из инструментального материала композит 10, принятого в качестве эталонного инструментального материала.

Методом крутого восхождения найдены показатели скорости, подачи и глубины резания, соответствующие рациональным значениям настройки охватывающей фрезы: $V = 3,8$ м/с; $S = 0,80$ мм/резец в условиях, при которых площадь участка разрыва обрабатываемой поверхности не превышает 10 % общей площади резьбовой поверхности.

В результате экспериментов и математической обработки опытных данных получены параметры геометрии режущих элементов, соответствующие условиям максимально возможной работоспособности резьбообразующего инструмента (табл. 2).

При сравнении преимущества предлагаемого способа обработки по отношению к резьбошлифованию следует иметь в виду многооперационность изготовления поверхности трапецеидального профиля – винтовую поверхность, упрочненную термообработкой, обрабатывают на резьбошлифовальных станках за две-три операции, в том числе: черновая, получистовая и чистовая (окончательная) обработка.

Таблица 1
Table 1

Влияние на точность нарезаемой винтовой поверхности; отношения диаметра вершин резцов к диаметру вала, круговой подаче и скорости резания

Influence on the accuracy of the spiral surface; ratio of a cutter tip diameter to a diameter of a shaft, circular feed and cutting speed

Постоянные факторы	Переменные факторы			Рассеяние		
				Δd_2	ΔS	$0,5\delta\alpha/2$
$d_p/d = 1,05$; $V = 3,0$ м/с	S_z , мм/резец	1	0,47	30	20	6
		2	0,79	20	30	5
		3	1,11	35	30	5
$S_z = 0,47$ мм/резец; $d_p/d = 1,05$;	V , м/с	1	1,0	50	20	5
		2	3,0	50	20	6
		3	5,0	50	30	6
$S_z = 0,47$ мм/резец; $V = 3,0$ м/с	d_p/d	1	1,1	40	20	8
		2	1,3	30	20	7
		3	1,5	30	20	6

Таблица 2

Table 2

Рациональные параметры режущих элементов

Rational parameters of cutting elements

Марка инструментального материала	Геометрия режущего элемента		Режимы резания		Стойкость, T , мин
	α , град	γ , град	V , м/с	S , мм/резец	
Композит 10	10	–6	3,80	0,80	29

Окончательная обработка производится одноконтурным шлифовальным кругом из «Эльбора» (связка керамическая; зернистость Л8-Л16; степень твердости круга СМ1-СМ2) при режимах резания: глубина резания до 0,15 мм; скорость резания до 35 м/с; круговая подача заготовки до 0,7 м/мин; количество рабочих ходов от 2 до 4.

Одно только перечисление операций свидетельствует о существенных (по сравнению с нарезанием) затратах времени на подготовку и проведение операций резбошлифования. Кроме дорогостоящего оборудования, а также затрат на профилирование шлифовального круга следует иметь в виду высокую вероятность появления прижогов и насыщение обработанной поверхности резки частицами материала круга (шаржирование).

Метод нарезания трапецеидальной резки резцами из композитов эффективнее технологий резбошлифования и выигрывает как по производительности, так и по качеству. До недавнего времени сверхтвердые лезвийные материалы практически не применялись на подобных операциях, а наличие элементов разрыва обрабатываемой поверхности резки приводило к разрушению режущего элемента. Вместе с тем наиболее эффективные из них (композиты) обладают рядом преимуществ перед шлифованием, что делает их привлекательными с точки зрения производительности и качества обработки.

Предложенный способ управления положением режущего элемента в сочетании с трапецеидальной формой передней поверхности инструмента позволяет создать не только безударные условия работы инструментальному материалу композит, но и тем самым значительно расширить область его применения при прерывистом резании.

Выводы

1. Разработанный способ настройки охватывающей фрезы на безударное резание позволил существенно повысить работоспособность резбообразующего инструмента.

2. Предложены условия придания передней поверхности режущего элемента формы, способной без разрушения принимать динамические нагрузки прерывистого резания.

3. Проведено обоснование эффективной марки инструментального материала для условий прерывистого резания.

Список литературы

1. Кудряшов Е.А., Смирнов И.М. Скоростное фрезерование резки вращающимися резцами // Обработка металлов (технология, оборудование, инструменты). – 2013. – № 1 (58). – С. 4–8.
2. Кудряшов Е.А., Смирнов И.М. Эффективная работа инструмента из композита при скоростном фрезеровании резки // Обработка металлов (технология, оборудование, инструменты). – 2013. – № 2 (59). – С. 25–32.
3. Song S., Zuo D. Modelling and simulation of whirling process based on equivalent cutting volume // Simulation Modelling Practice and Theory. – 2014. – Vol. 42. – P. 98–106. – doi: 10.1016/j.simpat.2013.12.011.
4. Stahl J.E. Metal cutting – theories and models. – Lund, Sweden: Lund University Press, 2012. – 580 p.
5. Vos P. de. Applied metal cutting physics – best practice. – Fagersta: SECO Tools AB, 2016. – 163 p.
6. Altintas Y. Manufacturing automation: metal cutting mechanics, machine tool vibrations, and CNC design. – New York: Cambridge University Press, 2012. – 366 p.
7. Технологические преимущества инструментального материала композит при обработке конструктивно сложных поверхностей деталей / Е.А. Кудряшов, А.Ю. Алтухов, Д.Ю. Лунин, Е.Н. Фомичев // Известия ВолгГТУ. – 2010. – № 12 (72). – С. 15–20.



8. Павлов Е.В., Смирнов И.М. О возможности применения резцов из композита при обработке поверхностей деталей, образованных сочетанием конструкционных материалов // Известия Юго-Западного государственного университета. – 2017. – № 2 (71). – С. 91–98.

9. Ni S.Y., Li Y., Deng S.X. Study on machining mechanism of internal whirling process for precise external thread and its tool profile design // Journal of Mechanical Engineering. – 2012. – Vol. 48, N 7. – P. 193–198. – doi: 10.3901/JME.2012.07.193.

10. Zhu H.Y., Li Y. Study on macro-morphology of hard whirling chips with PCBN tools // Manufacturing Technology & Machine Tool. – 2011. – Vol. 9. – P. 101–104.

11. Zhu H.Y., Li Y. Study on macro-morphology of hard whirling chips with PCBN cutting tools coated with chromium aluminum nitride // Modular Machine Tool & Automatic Manufacturing Technique. – 2011. – Vol. 11. – P. 99–101.

12. Солодков В.А., Тибиркова М.А. Влияние условий выхода на работоспособность твердосплавного инструмента при прерывистом резании // Известия ВолгГТУ. – 2010. – № 12 (72). – С. 62–65.

13. The dynamic modeling and vibration analysis of the large-scale thread whirling system under high-speed hard cutting / Y. Wang, L. Li, C. Zhou, Q. Guo, C. Zhang, H. Feng // Machining Science and Technology. – 2014. – Vol. 18, iss. 4. – P. 522–546. – doi: 10.1080/10910344.2014.955366.

14. Yang Y., Li J.F. Study on mechanism of chip formation during high-speed milling of alloy cast iron // The International Journal of Advanced Manufacturing

Technology. – 2010. – Vol. 46. – P. 43–50. – doi: <https://doi.org/10.1007/s00170-009-2064-1>.

15. Mohan L.V., Shunmugam M.S. Simulation of whirling process and tool profiling for machining of worms // Journal of Materials Processing Technology. – 2007. – Vol. 185. – P. 191–197. – doi: 10.1016/j.jmatprotec.2006.03.115.

16. А. с. 1641509 СССР, МПК В 23 В 1/00. Способ обработки прерывистых поверхностей резанием / В.Н. Петренко, А.П. Гвоздецкий, С.И. Колесников. – № 4623042; заявл. 28.09.1988; опубл. 15.04.1991.

17. Патент 2633815 Российская Федерация, МПК В 23 В 1/00. Способ обработки винтовых поверхностей резанием с ударом / Е.А. Кудряшов, Т.Е. Каменева. – № 2016111239; заявл. 25.03.2016; опубл. 28.09.2017, Бюл. № 29.

18. Преимущества высокоэффективной лезвийной технологии обработки деталей инструментов из композита / Е.А. Кудряшов, В.И. Иванов, О.Г. Локтионова, П.Н. Учайев // Известия Юго-Западного государственного университета. – 2011. – № 5-1 (38). – С. 103–106.

19. Study on the forming process of thread raceway surface under the hard whirling / W. Yulin, L. Tao, Q. Guo, H. Feng // Proceedings of the 8th International Conference on Computer Science & Education (ICCSE 2013), 26–28 April 2013, Colombo, Sri Lanka. – Colombo, 2013. – P. 627–632. – doi: 10.1109/ICCSE.2013.6553985.

20. Ресурсосберегающие системы резания с инструментом из композитных материалов / Е.И. Яцун, С.В. Швец, А.И. Ремнев, Е.В. Павлов // СТИН. – 2013. – № 7. – С. 29–35.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

© 2018 Авторы. Издательство Новосибирского государственного технического университета. Эта статья доступна по лицензии Creative Commons «Attribution» («Атрибуция») 4.0 Всемирная (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)



Obrabotka metallov - Metal Working and Material Science

Journal homepage: http://journals.nstu.ru/obrabotka_metallov



Increase of Efficiency of the Internally Cutting Mill with Composite Cutters when Cutting Trapezoidal Thread with Interrupted Elements

Evgenii Kudryashov^{a, *}, Tatyana Kameneva^b

Southwest State University, 50 Let Oktyabrya Street, 94, Kursk, 305040, Russian Federation

^a <https://orcid.org/0000-0002-1627-1919>, kea-swsu@mail.ru, ^b <http://orcid.org/0000-0002-9187-3039>, taska015@mail.ru

ARTICLE INFO

Article history:

Received: 20 November 2017

Revised: 31 January 2018

Accepted: 15 February 2018

Available online: 15 March 2018

Keywords:

Spiral surface

Interrupted element

Cutter

Shock

Cutter power

Machining method

ABSTRACT

Purpose: to increase the efficiency of the internally cutting mill due to the developed method of setting the cutters to the calculated values of the angles of shock-free cutting. This allows expanding the technological capabilities of the fragile cutting tool material when cutting trapezoidal thread with the interrupted elements. An analysis of the stress-related characteristics of cutting tool materials of a group of composites is made. The paper shows that the main reason for the low efficiency of cutting elements of the internally cutting mill is the chipping of its cutting edges when inserting (output) the tool into the workpiece and passing through the interrupted elements of the thread, located on its surface. **Methods:** experimental studies are carried out on a lathe, with the installation on its support of a special device for threading, equipped with a replaceable internally cutting mill, having a set of thread cutters, the cutting part of which is made of a composite material. The quality of the machined thread surface and the accuracy of the execution are controlled by optical method using standard and special measuring instruments. **Results and discussion:** the rational values of the geometry of the cutting element and the cutting data of the trapezoidal thread by the internally cutting mill equipped with a set of composite cutting elements tuned for cutting into the workpiece with interrupted elements so that the meeting and thread formation occurred as a region of the front surface of the cutting element as far as possible from the cutting edges are presented. The use of the tuning method, protected by the Russian Federation patent, made it possible to increase the efficiency of the internally cutting mill and to extend the range of application of the composite tool material with interrupted cutting.

For citation: Kudryashov E.A., Kameneva T.E. Increase of efficiency of the internally cutting mill with composite cutters when cutting trapezoidal thread with interrupted elements. *Obrabotka metallov (tekhnologiya, oborudovanie, instrumenty) = Metal Working and Material Science*, 2018, vol. 20, no. 1, pp. 33–43. doi: 10.17212/1994-6309-2018-20.1-33-43. (In Russian).

References

1. Kudryashov E.A., Smirnov I.M. Skorostnoe frezerovanie rez'by vrashchayushchimisya reztsami [High-speed milling of the thread by rotating cutters]. *Obrabotka metallov (tekhnologiya, oborudovanie, instrumenty) = Metal Working and Material Science*, 2013, no. 1 (58), pp. 4–8.
2. Kudryashov E.A., Smirnov I.M. Effektivnaya rabota instrumenta iz kompozita pri skorostnom frezerovanii rez'by [Efficient tool of composite at high-speed thread milling]. *Obrabotka metallov (tekhnologiya, oborudovanie, instrumenty) = Metal Working and Material Science*, 2013, no. 2 (59), pp. 25–32.
3. Song S., Zuo D. Modelling and simulation of whirling process based on equivalent cutting volume. *Simulation Modelling Practice and Theory*, 2014, vol. 42, pp. 98–106. doi: 10.1016/j.simpat.2013.12.011.
4. Stahl J.E. *Metal cutting – theories and models*. Lund, Sweden, Lund University Press, 2012. 580 p.
5. Vos P. de. *Applied metal cutting physics – best practice*. Fagersta, SECO Tools AB, 2016. 163 p.
6. Altintas Y. *Manufacturing automation: metal cutting mechanics, machine tool vibrations, and CNC design*. New York, Cambridge University Press, 2012. 366 p.

* Corresponding author

Kudryashov Evgenii A., D.Sc. (Engineering), Professor
 Scientific Research Engineering Institute,
 6 Shosse Entuziastov,
 143912, Balashikha, Moscow Region, Russian Federation
 Tel.: 8 (915) 339-99-29, e-mail: kea-swsu@mail.ru

7. Kudryashov E.A., Altukhov A.Yu., Lunin D.Yu., Fomichev E.N. Tekhnologicheskie preimushchestva instrumental'nogo materiala kompozit pri obrabotke konstruktivno slozhnykh poverkhnostei detalei [Technological advantages of the CBN tool when machining structurally complex parts surfaces]. *Izvestiya Volgogradskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta = Izvestia of Volgograd State Technical University*, 2010, no. 12 (72), pp. 15–20.

8. Pavlov E.V., Smirnov I.M. O vozmozhnosti primeneniya reztsov iz kompozita pri obrabotke poverkhnostei detalei, obrazovannykh sochetaniem konstruktsionnykh materialov [Applicability of composite cutters for machining surfaces formed by a combination of structural materials]. *Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya Tekhnika i tekhnologii = Proceedings of the South-West State University. Technics and Technologies*, 2017, no. 2 (71), pp. 91–98.

9. Ni S.Y., Li Y., Deng S.X. Study on machining mechanism of internal whirling process for precise external thread and its tool profile design. *Journal of Mechanical Engineering*, 2012, vol. 48, no. 7, pp. 193–198. doi: 10.3901/JME.2012.07.193.

10. Zhu H.Y., Li Y. Study on macro-morphology of hard whirling chips with PCBN tools. *Manufacturing Technology & Machine Tool*, 2011, vol. 9, pp. 101–104.

11. Zhu H.Y., Li Y. Study on macro-morphology of hard whirling chips with PCBN cutting tools coated with chromium aluminum nitride. *Modular Machine Tool & Automatic Manufacturing Technique*, 2011, vol. 11, pp. 99–101.

12. Solodkov V.A., Tibirkova M.A. Vliyanie uslovii vykhoda na rabotospo-sobnost' tverdosplavnogo instrumenta pri preryvistom rezanii [Effect of output conditions on the performance of a carbide tool with intermittent cutting]. *Izvestiya Volgogradskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta = Izvestia of Volgograd State Technical University*, 2010, no. 12 (72), pp. 62–65.

13. Wang Y., Li L., Zhou C., Guo Q., Zhang C., Feng H. The dynamic modeling and vibration analysis of the large-scale thread whirling system under high-speed hard cutting. *Machining Science and Technology*, 2014, vol. 18, iss. 4, pp. 522–546. doi: 10.1080/10910344.2014.955366.

14. Yang Y., Li J.F. Study on mechanism of chip formation during high-speed milling of alloy cast iron. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 2010, vol. 46, pp. 43–50. doi: 10.1007/s00170-009-2064-1.

15. Mohan L.V., Shunmugam M.S. Simulation of whirling process and tool profiling for machining of worms. *Journal of Materials Processing Technology*, 2007, vol. 185, pp. 191–197. doi: 10.1016/j.jmatprotec.2006.03.115.

16. Petrenko V.N., Gvozdetskii A.P., Kolesnikov S.I. *Sposob obrabotki preryvistykh poverkhnostei rezaniem* [Method for processing discontinuous surfaces by cutting]. Inventor's Certificate SU, no. 1641509, 1991.

17. Kudryashov E.A., Kameneva T.E. *Sposob obrabotki vintovykh poverkhnostei rezaniem s udarom* [Method of machining screw surfaces by cutting with impact]. Patent RF, no. 2633815, 2017.

18. Kudryashov E.A., Ivanov V.I., Loktionova O.G., Uchaev P.N. Preimushchestva vysokoeffektivnoi lezviinnoi tekhnologii obrabotki detalei instrumentov iz kompozita [Advantages of high-efficiency blade technology for machining with CBN tools]. *Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya Tekhnika i tekhnologii = Proceedings of the South-West State University. Technics and Technologies*, 2011, no. 5-1 (38), pp. 103–106.

19. Yulin W., Tao L., Guo Q., Feng H. Study on the forming process of thread raceway surface under the hard whirling. *Proceedings of the 8th International Conference on Computer Science & Education (ICCSE 2013)*, 26–28 April 2013, Colombo, Sri Lanka, pp. 627–632. doi: 10.1109/ICCSE.2013.6553985.

20. Yatsun E.I., Shvets S.V., Remnev A.I., Pavlov E.V. Resursosberegayushchie sistemy rezaniya s instrumentom iz kompozitnykh materialov [Resource-saving cutting systems with CBN tools]. *STIN = Russian Engineering Research*, 2013, no. 7, pp. 29–35. (In Russian).

Conflicts of Interest

The authors declare no conflict of interest.