

СКОРОСТНОЕ ФРЕЗЕРОВАНИЕ РЕЗЬБЫ ВРАЩАЮЩИМИСЯ РЕЗЦАМИ

*Е. А. КУДРЯШОВ, доктор тех. наук, профессор
И. М. СМИРНОВ, канд. техн. наук, доцент
(ЮЗГУ, г. Курск)*

Статья получена 25 января 2013 года

Кудряшов Е. А. – 305040, г. Курск, ул. 50 лет Октября, 94,
Юго-Западный государственный университет,
e-mail: Kea@swsu.ru

Приведены результаты аналитического исследования процесса скоростного фрезерования резьбы вращающимися резцами при внутреннем касании инструментальной головки с обрабатываемой поверхностью заготовки.

Ключевые слова: резьба, скоростное фрезерование, кинематика резания, параметры оборудования, метод работоспособности.

В отечественной технической литературе описание способа скоростного нарезания резьбы вращающимися резцами (вихревое нарезание резьбы) впервые дано С.С. Черниковым [1]. В монографии [2] есть ссылка на то, что этот способ образования резьбы был разработан в 1946 г. научно-исследовательским филиалом 8-го ГПИ и изучен на рубеже 1950-х гг. М.И. Басовым, Г.А. Глазовым, И.Г. Авксентьевым, М.Я. Левицким, Н.И. Резниковым, С.А. Розенбергом и др.

Значительный интерес ученых к проблеме скоростного нарезания резьбы был отражен в 50-х гг. прошлого столетия в диссертационных работах Н. П. Антонова, Е.С. Виксмана, Д.И. Кондрашова, В.Н. Мериина, С.А. Хмелевского, А.Н. Хрыкина и других авторов при изучении основных вопросов теории и практики резания резьбы вращающимися резцами из твердых сплавов.

Несмотря на ряд достоинств этот один из самых производительных способов скоростного фрезерования резьбы в дальнейшем не получил широкого распространения. Основная причина – низкая работоспособность резцов из твердых сплавов, являющаяся следствием кинематических особенностей процесса прерывистого резания при скоростном фрезеровании резьбы.

Процесс скоростного фрезерования резьбы вращающимися резцами может осуществляться как при внешнем, так и при внутреннем касании инструмента с заготовкой. Благодаря тому что

при внутреннем касании процесс резания протекает более спокойно, в условиях меньших ударных нагрузок предпочтение должно отдаваться схеме внутреннего касания (рис. 1). На рис. 1 обозначено: $n_{и(з)}$ – вращательное движение инструментальной головки (заготовки); $d_{и(з)}$ – наружный размер инструментальной головки (заготовки).

В приспособлении на базе суппорта токарно-винторезного станка мод. 16К20 вращение инструментальной головки вокруг своей оси $O_{и}$ осуществляется от электродвигателя через

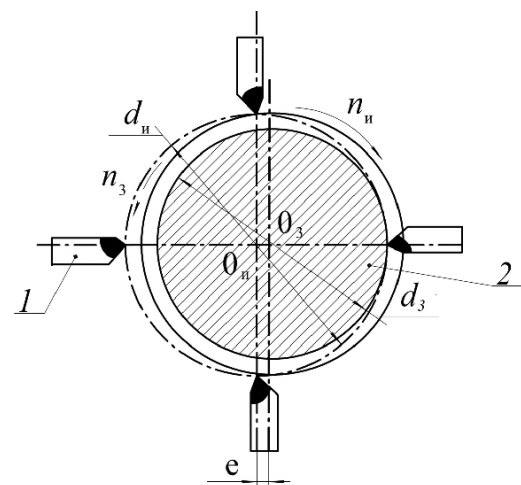


Рис. 1. Схема скоростного фрезерования резьбы при внутреннем касании инструментальной головки 1 (четыре резца) с обрабатываемой поверхностью заготовки 2

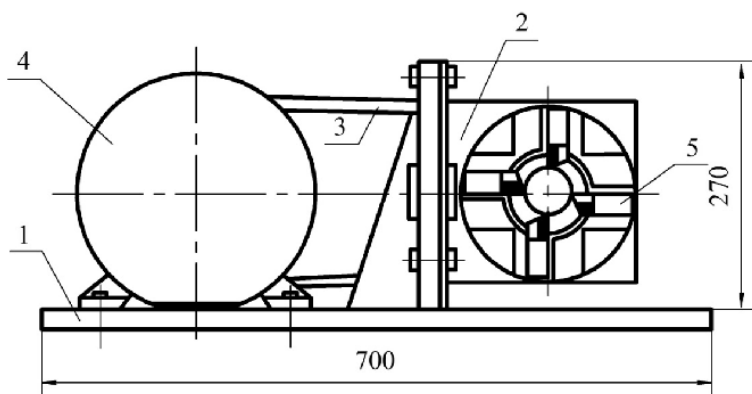


Рис. 2. Схема приспособления для скоростного нарезания резьб

клиноременную передачу (рис. 2). На рис. 2 приняты следующие обозначения: 1 – основание приспособления; 2 – инструментальная головка; 3 – клиноременная передача; 4 – электродвигатель; 5 – резцы из композита 10.

Круговое движение подачи сообщается заготовке от шпинделя станка (вращение заготовки происходит вокруг оси O_3 , смещенной относительно оси инструмента O_{II} на величину эксцентриситета e). Осевая подача инструментальной головке сообщается ходовым винтом станка (рис. 3).

В точке A резец входит в контакт с обрабатываемой поверхностью заготовки и совершает рабочее движение – резание на участке дуги контакта AB . За время одного оборота резца заготовка поворачивается на угол φ и круговая подача на резец соответствует участку окружности S_z . Пока резец совершает один оборот, кривая BC займет положение B_1C_1 , и при следующем заходе резец снимает очередную стружку на участке контакта AB .

Процесс скоростного фрезерования резьбы имеет прерывистый характер. На рис. 4 в точке D каждый резец инструментальной головки последовательно входит в контакт, врезаясь в заготовку, и на участке дуги контакта BD снимает стружку, причем толщина среза изменяется от нуля до максимума и снова до нуля. Многократно за период резания, попеременно врезаясь и выходя из контакта с заготовкой, каждый резец инструментальной головки испытывает на себе суммарное действие циклических, знакопеременных силовых и температурных нагрузок.

Учитывая эти обстоятельства, а также значительную хрупкость современных лезвийных инструментальных материалов, становится проблематичным не только достижение заданного качества и точности обработки, но и возмож-

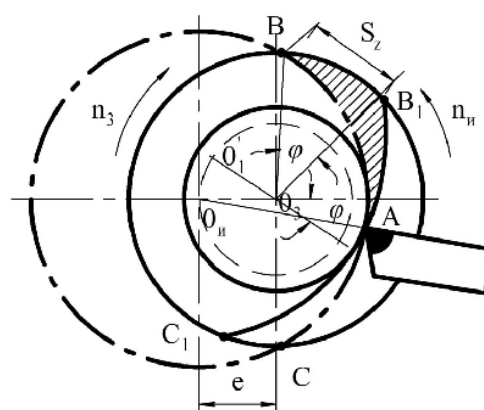


Рис. 3. Схема движения при внутреннем касании инструментальной головки с обрабатываемой поверхностью заготовки

ность осуществления самого процесса из-за отказов инструментов.

Проблема достижения высокой работоспособности инструмента в условиях скоростного и прерывистого резания может быть решена путем применения более стойкого, чем твердые сплавы, инструментального материала, при обеспечении гарантируемого запаса прочности режущей части за счет создания оптимальных условий контакта инструмента с обрабатываемой поверхностью заготовки. Таким инструментальным материалом является композит. Высокая работоспособность различных марок композитов исследована на примерах точения, растачивания и торцового фрезерования как гладких, так и прерывистых наплавленных поверхностей, в том числе и конструктивно сложных поверхностей деталей [3].

Авторами разработан метод обеспечения высокой работоспособности лезвийного инструмента, позволяющий сочетанием геометрии

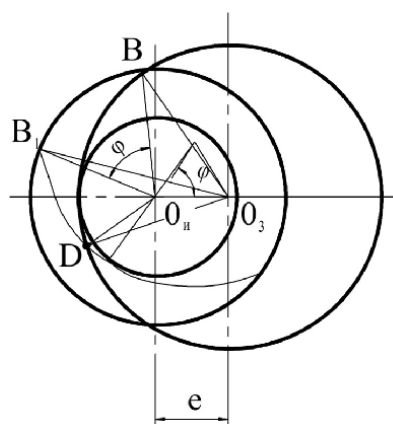


Рис. 4. Схема скоростного фрезерования резьбы при внутреннем касании инструментальной головки с обрабатываемой поверхностью заготовки

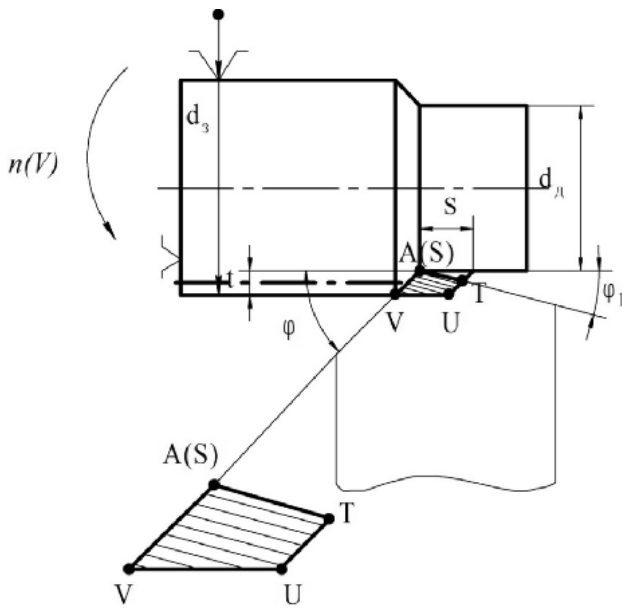


Рис. 5. Схема первоначального контакта вершины резца с обрабатываемой поверхностью заготовки

режущей части резца и регулируемым углом поворота инструментальной головки на требуемый угол встречи резца с обрабатываемой поверхностью заготовки создать оптимальные условия встречи (врезания) и последующего процесса обработки [3, 4].

Первоначальный контакт (врезание) может произойти в одном из девяти положений режущей части резца инструментальной головки относительно обрабатываемой поверхности заготовки, а именно: 1) точечный контакт: S, T, U, V; 2) линейный контакт: ST, TU, UV, VS; 3) плоскостной контакт: STUV (рис. 5).

Задачей исследования является нахождение оптимального сочетания геометрии режущей части инструмента и угла поворота α инструментальной головки, при котором обеспечивается требуемое условие контакта передней поверхности резца с обрабатываемой поверхностью заготовки.

Как следует из рис. 6, резец вступает в контакт с поверхностью заготовки в точке C и выходит из контакта в точке A. Для определения условий оптимального контакта найдем значения углов, характеризующих это положение. Из рис. 5 следует предположение о том, что этим условиям отвечает положение резца U (STUV), когда нагрузка при врезании резца в

заготовку равномерно распределяется по всей передней поверхности инструмента.

Рассмотрим положение вершины инструмента относительно обрабатываемой поверхности на этапе врезания, установившегося резания и выхода резца из контакта с заготовкой при условии, что угол поворота инструментальной головки $\alpha > 0$ (рис. 7).

На рис. 6 и 7: $r_g = O_{и}A$; $d = O_{и}P$; $AM = B$; $BN = B_1$; B и B_1 – положение вершины резца относительно обрабатываемой поверхности заготовки в зависимости от изменения толщины стружки по нормам к оси симметрии заготовки; $O_{и}B = r_g + a$; $O_3B = r_3$; a – толщина стружки.

Из треугольника $AO_{и}M$:

$$\operatorname{tg}\beta = \operatorname{tg}AO_{и}M = \frac{AM}{O_{и}M}, \quad (1)$$

где $O_{и}M = \sqrt{O_{и}A^2 - AM^2} = \sqrt{r_d^2 - b^2}$,

$$\operatorname{tg}\beta = \frac{b}{\sqrt{r_d^2 - b^2}}. \quad (2)$$

Из треугольника $BO_{и}N$:

$$\operatorname{tg}\beta' = \operatorname{tg}BO_{и}N = \frac{BN}{O_{и}N}, \quad (3)$$

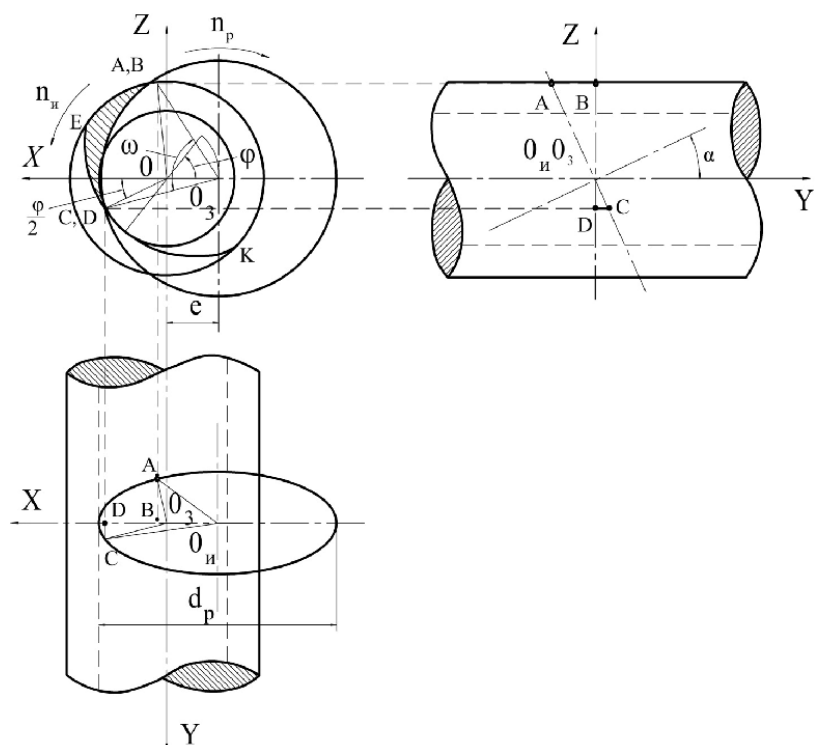


Рис. 6. Схема определения угла поворота заготовки между двумя касаниями резца

б) при максимальной толщине стружки

$$\frac{\frac{ar_3}{\operatorname{tg}\alpha} [\cos(\varphi + \varphi_1)] \sin(\varphi + \varphi_1)}{\operatorname{tg}\varphi_1 \sin \varphi \left(\frac{d\sqrt{(r_d+a)^2 - b_1^2} - b_1\sqrt{(r_d+a)^2 - d^2}}{db_1 + \sqrt{(r_d+a)^2 - d^2}} \sqrt{(r_d+a)^2 - b_1^2} \right) + \cos \varphi} \quad (12)$$

Номограмма, построенная по методике [3, 4], характеризует все возможные условия контакта режущей части инструмента с обрабатываемой

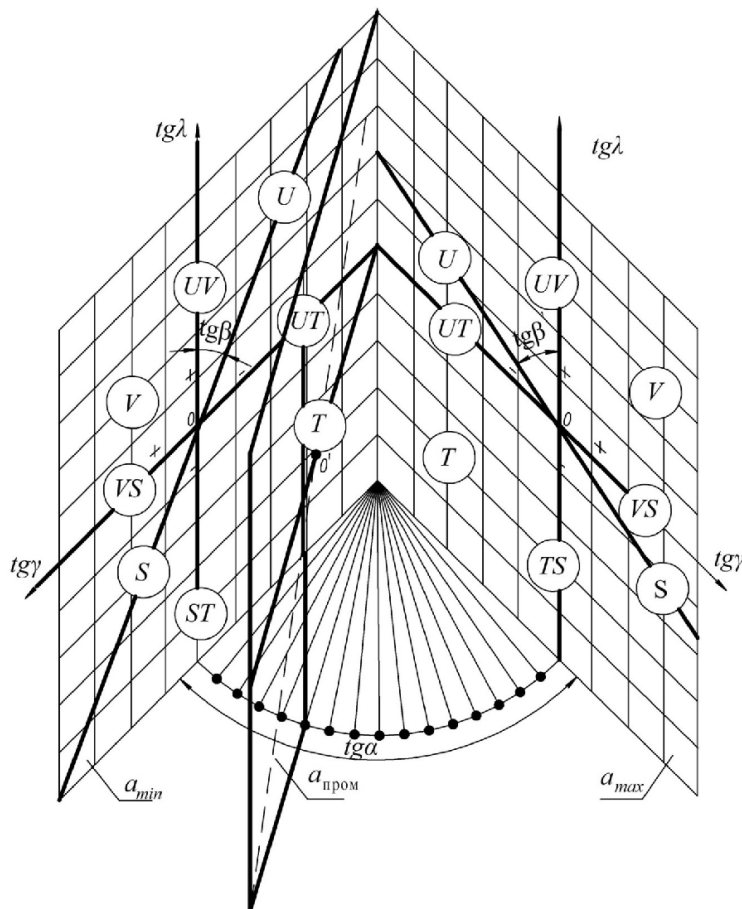


Рис. 8. Номограмма возможных условий контакта режущей части инструмента с обрабатываемой поверхностью заготовки

поверхностью заготовки. Из рис. 8 следует, что любые сочетания углов резца λ и γ , располагающиеся между линиями TU и UV, образуют наиболее благоприятные условия работы инструмента U(STUV). Все остальные варианты свидетельствуют об уменьшении работоспособности резцов из композита 10, а в зоне номограммы ST-TS, при отрицательных значениях углов λ и γ , инструмент не работоспособен (это вариант резания вершиной инструмента).

Таким образом, проблема достижения высокой работоспособности инструмента в условиях скоростного и прерывистого резания может быть решена путем применения более стойкого инструментального материала, чем твердые сплавы, при обеспечении гарантируемого запаса прочности и режущей части за счет создания оптимальных условий контакта резца с обрабатываемой поверхностью заготовки. Таким инструментальным материалом является композит 10, возможности которого изучены и применены на практике при обработке конструктивно сложных поверхностей деталей в осложненных технологических условиях [3, 4].

Список литературы

1. Черников С.С. Новые методы резьбообработки // Станки и инструмент. – 1946. – № 2, 3.
2. Левин Б.Г., Фраткин А.М. Скоростной метод нарезания резьбы. – М.: Машгиз, 1948.
3. Кудряшов Е.А. Обработка деталей инструментом из композитов в осложненных технологических условиях. – Чита: ЧитГУ, 2002. – Том 1. – 257 с.
4. Кудряшов Е.А. Обработка деталей инструментом из композитов в осложненных технологических условиях. – Чита: ЧитГУ, 2002. – Том 2. – 290 с.

High-speed milling of the thread by rotating cutters

E. A. Kudryashov, I. M. Smirnov

Results of analytical research of process of high-speed milling of a thread are given by rotating cutters in case of an internal contact of an instrumental head with a processed surface of preparation.

Key words: thread, high-speed milling, cutting kinematics, equipment parameters, working capacity method.