

Сысоев О. Е., Марьин С. Б., Сысоев Е. О.
O. E. Sysoev, S. B. Maryin, E. O. Sysoev

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПЕРИОДА СТОЙКОСТИ КОНЦЕВЫХ ФРЕЗ ПРИ ОБРАБОТКЕ ВЫСОКОТВЁРДЫХ МАТЕРИАЛОВ

PREDICTION OF THE RESISTANCE PERIOD OF END MILLS WHEN PROCESSING HIGH-HARD MATERIALS

Сысоев Олег Евгеньевич – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Строительство и архитектура» Комсомольского-на-Амуре государственного университета (Россия, Комсомольск-на-Амуре). E-mail: fks@knastu.ru.

Oleg E. Sysoev – Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of Construction and Architecture Department, Komsomolsk-na-Amure State University (Russia, Komsomolsk-on-Amur). E-mail: fks@knastu.ru.

Марьин Сергей Борисович – доктор технических наук, доцент, заведующий кафедрой «Авиастроение» Комсомольского-на-Амуре государственного университета (Россия, Комсомольск-на-Амуре). E-mail: as@knastu.ru.

Sergey B. Maryin – Doctor of Technical Sciences, Head of Aircraft Engineering Department, Komsomolsk-na-Amure State University (Russia, Komsomolsk-on-Amur). E-mail: as@knastu.ru.

Сысоев Евгений Олегович – кандидат экономических наук, доцент кафедры «Строительство и архитектура» Комсомольского-на-Амуре государственного университета (Россия, Комсомольск-на-Амуре). E-mail: fks@knastu.ru.

Evgeniy O. Sysoev – PhD in Economics, Associate Professor, Construction and Architecture Department, Komsomolsk-na-Amure State University (Russia, Komsomolsk-on-Amur). E-mail: fks@knastu.ru.

Аннотация. При изготовлении деталей современных машин и механизмов, которые должны обладать высокой прочностью, используется дорогой высокопрочный инструмент. При разработке технологии изготовления таких деталей важно прогнозировать период износа инструмента для обеспечения качества изготавливаемых деталей и эффективного использования высокопрочного инструмента. В статье рассмотрены результаты прогнозирования периода стойкости торцовых фрез с покрытиями при обработке высокотвёрдого слоя заготовок деталей.

Summary. In the manufacture of parts of modern machines and mechanisms that must have high strength, expensive high-strength tools are used. When developing the technology for manufacturing such parts, it is important to predict the tool wear period to ensure the quality of the manufactured parts and the effective use of high-tech tools. The article discusses the results of predicting the durability period of end mills with coatings when processing a high-hardness layer of work pieces.

Ключевые слова: монолитные концевые фрезы с покрытиями, высокотвёрдые слои заготовок деталей, период стойкости до износа.

Key words: coated monolithic end mills, highly hard layers of workpieces, wear life.

УДК 621.9

Введение. Современная экономика требует всё более высокопроизводительных машин и механизмов, детали которых испытывают большие силовые и температурные нагрузки. Для уменьшения габаритов и материалоёмкости таких деталей их выполняют путём повышения твёрдости поверхностного слоя по отношению к слою основы. Технология получения поверхностного слоя с высокой прочностью может быть реализована нанесением слоя способом оплавления специальных порошковых проволок [1–4] или применением статико-импульсного упрочнения типового конструкционного материала [5–7]. Такой поверхностный слой, обладающий высокой твёр-

достью HRC 65 и выше, обладает повышенной износостойкостью и при изготовлении деталей требует инструмент, обладающий высокой работоспособностью [8–10].

Однако при разработке технологии изготовления таких деталей технологом необходимо прогнозировать период стойкости обрабатывающего инструмента, т. к. при недопустимом износе инструмента во время выполнения технологической операции высока вероятность получения бракованной детали.

Обсуждение полученных результатов. Для проведения экспериментов использовалась основа из стали 45 твёрдостью HRC 50 после закалки (см. рис. 1), на которую были нанесены наплавка с шагом 1,5 мм, сплошная наплавка, двойная наплавка. Поверхностное наплавление проводилось порошковой проволокой марки ПП-АН167 в соответствии с ТУ У28.7-2149243-021.2008 [1].

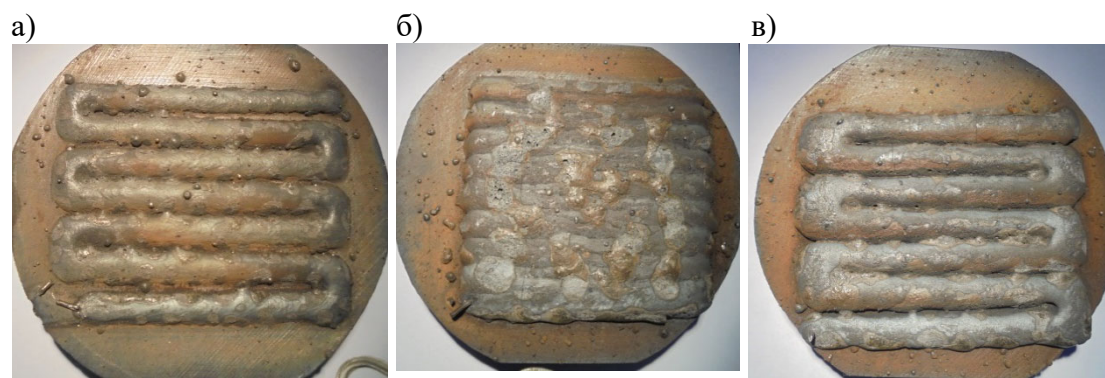


Рис. 1. Образцы с высокотвёрдыми наплавками: а – с разрядкой между слоями наплавки; б – сплошная наплавка; в – с двойной по высоте наплавкой

Следует отметить некоторые особенности: во-первых, основа для нанесения наплавки была изготовлена из стали 45 и после закалки имела твёрдость HRC 50; во-вторых, был обнаружен разброс прочности в наплавке сразу после её остывания до комнатной температуры в пределах от HRC 63 до HRC 68, а после механической обработки поверхностного слоя с глубиной резания 1...2 мм, скоростью резания 50 м/мин, подачей 30 мм/мин разброс прочности в наплавке обнаружен не был.

Также следует отметить большое влияние на период стойкости используемых концевых монолитных фрез до достижения износа 0,5 мм (см. табл. 1). В эксперименте фрезерование выполнено при скорости резания 50 м/мин, подаче 30 мм/мин.

Таблица 1

Износостойкость монолитной концевой фрезы T73748Q TA Z161A 10mm 16с 50L0751RTA 4FL STUB Z-CARB диаметром 10 мм с четырьмя зубьями в зависимости от используемого покрытия

Покрытие на инструментальном материале	Период стойкости инструмента, мин
Глубина резания 1 мм	
Без покрытия	4
TiCN + TiN	6
(TiAl)N + Al ₂ O ₃ + (TiAl)N + Al ₂ O ₃	9
TiCN + (TiAl)N + Al ₂ O ₃ + TiC	12
Глубина резания 2 мм	
Без покрытия	3
TiCN + TiN	5
(TiAl)N + Al ₂ O ₃ + (TiAl)N + Al ₂ O ₃	7
TiCN + (TiAl)N + Al ₂ O ₃ + TiC	10

Из данных табл. 1 следует, что с увеличением глубины резания износостойкость всех фрез снижается, а наиболее износостойкими являются фрезы с покрытием $\text{TiCN} + (\text{TiAl})\text{N} + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{TiC}$.

В дальнейшем экспериментально было определено влияние увеличения количества зубьев на фрезе на период стойкости инструмента при различных скорости резания и видах покрытий (см. рис. 2 и 3).

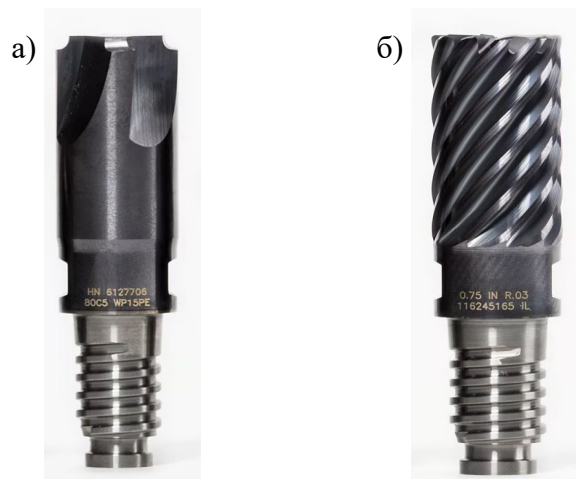


Рис. 2. Твердосплавные концевые фрезы: а – с четырьмя зубьями, б – с девятью зубьями

Анализ зависимостей на рис. 3 позволяет сделать следующие выводы:

1. С увеличением скорости резания период стойкости инструмента уменьшается, при этом более работоспособны фрезы, имеющие многослойные наноструктурированные покрытия $(\text{TiAl})\text{N} + \text{Al}_2\text{O}_3 + (\text{TiAl})\text{N} + \text{Al}_2\text{O}_3$ и $\text{TiCN} + (\text{TiAl})\text{N} + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{TiC}$.
2. Увеличение количества зубьев на фрезе влияет на период стойкости инструмента.

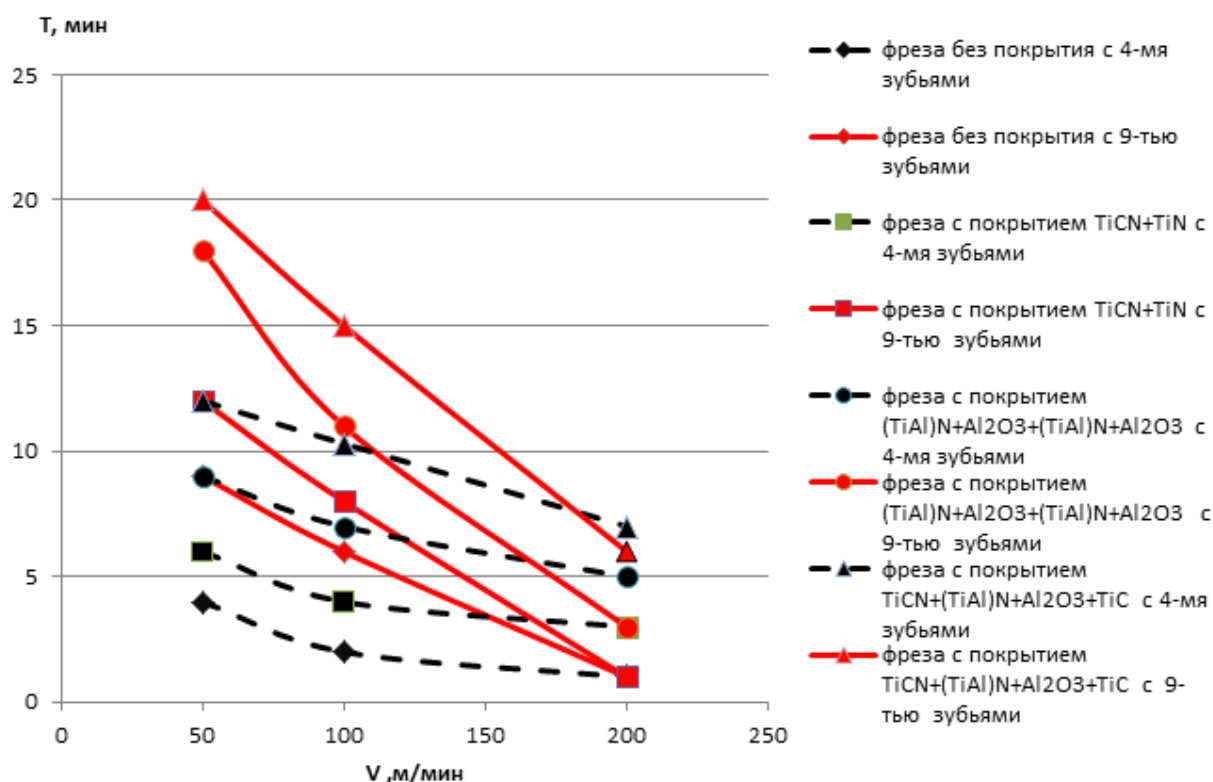


Рис. 3. Зависимости периода стойкости концевых фрез T от скорости резания V для фрез с различным числом зубьев и покрытий при глубине резания 1 мм

Заключение. Полученные зависимости периода стойкости концевых фрез от скорости резания позволяют прогнозировать период стойкости фрез с учётом применяемого покрытия, количества зубьев на фрезе при любой скорости резания. Такие зависимости необходимы для расчёта параметров технологического процесса при изготовлении ответственных деталей машин и механизмов, когда нельзя прерывать технологическую операцию для смены фрезы ввиду её износа. Одновременно такие зависимости позволяют полностью использовать период стойкости инструмента за счёт его точного прогноза.

ЛИТЕРАТУРА

1. Киричек, А. В. Статико-импульсная обработка и оснастка для её реализации / А. В. Киричек, А. Г. Лазуткин, Д. Л. Соловьёв // СТИН. – 1999. – № 6. – С. 20-24.
2. Мокрицкий, Б. Я. Лезвийная обработка упрочнённых материалов. Ч. 3. Обработка заготовок деталей, упрочнённых наплавками высокой твёрдости / Б. Я. Мокрицкий, Е. Б. Мокрицкая // Упрочняющие технологии и покрытия. – 2021. – Т. 17. – № 11. – С. 493-497.
3. Мокрицкий, Б. Я. Управление фрезерованием высокотвёрдых заготовок / Б. Я. Мокрицкий, А. А. Скрипилёв // Вестник машиностроения. – 2022. – № 12. – С. 72-75.
4. Саблин, П. А. Высота микронеровностей и параметры шероховатости – комплексная оценка качества обработанной поверхности / П. А. Саблин, В. С. Щетинин // Учёные записки Комсомольского-на-Амуре государственного технического университета. Науки о природе и технике. – 2020. – № VII-1 (47). – С. 90-94.
5. Остафьев, В. А. Учёт прочности инструмента при его проектировании и эксплуатации / В. А. Остафьев // Станки и инструмент. – 1983. – № 7. – С. 19-20.
6. Керамические покрытия на твёрдосплавном инструменте для точения нержавеющей труднообрабатываемых сталей / Б. Я. Мокрицкий, П. А. Саблин, В. В. Григорьев, В. Ю. Шелковников // Учёные записки Комсомольского-на-Амуре государственного технического университета. Науки о природе и технике. – 2023. – № III (67). – С. 82-90.
7. Космынин, А. В. Обеспечение качества обработки материалов резанием посредством внедрения трансформируемых управляемых звеньев в систему станочных систем / А. В. Космынин, В. С. Щетинин, П. А. Саблин // Учёные записки Комсомольского-на-Амуре государственного технического университета. Науки о природе и технике. – 2020. – № V (45). – С. 115-118.
8. Deederich N. Metallischer Zwischenschichten im Bereich der Aufbanschneidesbildung. Ind. – Anz., 1968, 90, N 24, p. 457-460.
9. Fuch M., Scheffer M. Ab initio pseudopotentials for electronic structure calculations of poly-atomic systems using density-functional theory // Comp. Phys. Commun. 1999. Vol. 119. P. 67-11.
10. Iochen M. Schneider. Effect of transition metal additives on electronic structure and elastic properties of TiAl and Ti3Al. Phys. Rev. B 74, 174110, 2006.