

УДК 620.22:621.9.08

А.И. Благодаров, М.Г. Рыбаков

A.I. Blagodarov, M.G. Rybakov

Уральский научно-исследовательский институт композиционных материалов, г. Пермь
The Ural Scientific Research Institute of Composite Materials, Perm

К.Р. Муратов

K.R. Muratov

Пермский национальный исследовательский политехнический университет
Perm National Research Polytechnic University

**СРАВНИТЕЛЬНЫЕ ИСПЫТАНИЯ СТОЙКОСТИ
КОНЦЕВЫХ ФРЕЗ ДЛЯ ОБРАБОТКИ УГЛЕРОД-УГЛЕРОД
КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ**

**COMPARISON ENDURANCE TESTS
OF END MILLS FOR CARBON-CARBON
COMPOSITE MATERIAL TREATMENT**

Представлены стойкостные испытания концевых фрез с покрытиями HCN, HCS, DCL и синтетического алмаза. Проведен сравнительный анализ износа режущих кромок инструмента.

Ключевые слова: режущий инструмент, покрытие, композиционные материалы, алмазный инструмент, общий износ.

This work describes the endurance tests of end mills with HCN, HCS, DCL coating as well as synthetic diamond coating. There was made a comparison analysis on the wear rate of the tool cutting edge.

Keywords: cutting tool, coating, composite materials, diamond tool, general deterioration.

В настоящее время процесс механической обработки углерод-углерод композиционных материалов (УУКМ) практически не изучен. Параметры обработки в большой степени зависят от свойств обрабатываемого материала (химический состав, армирование, плотность, пористость и т.п.). Износ инструмента зависит от триботехнических, химических и адгезионных процессов, протекающих в зоне контакта режущей кромки и заготовки [1]. Для эффективной обработки УУКМ материалов в настоящее время используются твердосплавные режущие инструменты с упрочняющими покрытиями.

УУКМ – это композиционные материалы, в матрицу которых вводят углеродный наполнитель (углеродное волокно или углеродная ткань). В современных УУКМ в качестве матрицы используют различные модификации углерода: кокс, полученный в результате высокотемпературного отжига отвержденных терморезактивных смол; пиролитический углерод – продукт разложения углеродсодержащих соединений на горячих поверхностях; комбинацию кокса и пироуглерода; углерод, модифицированный карбидо- и нитридообразующими элементами [2]. Примером УУКМ может служить «Углекон», получивший применение во многих отраслях машиностроения (подшипники скольжения, работающие при высоких температурах и скоростях в агрессивных средах).

На материале «Углекон-Т» были проведены испытания торцевых фрез с плочными алмазными покрытиями и торцевой фрезы с напыленным синтетическим алмазом (табл. 1). «Углекон-Т» – армированный углерод-углерод композиционный материал на основе углеродной ткани.

Таблица 1

Исходные данные испытываемых фрез

№ п/п	Фреза	Диаметр, мм	Покрытие	Фирма/страна-производитель
1	Концевая радиусная твердосплавная	10	DLC	Cerip, Италия
2	Концевая радиусная твердосплавная	10	HCN	«Скиф-М», Россия
3	Концевая радиусная твердосплавная	10	HCS	«Скиф-М», Россия
4	Концевая торцевая	10	Синтетический алмаз	АС 32 D151

Работа выполнялась на обрабатывающем центре MIKRON на образцах материала «Углекон-Т» 200×230×40 мм, свойства материала:

Плотность, кг/м ³	1300–1600
Предел прочности на сжатие, МПа	95–150
Предел прочности на растяжение, МПа	55–120
Модуль упругости при растяжении, МПа·10 ⁻⁴	1,0–1,5
Теплопроводность	4,0–25,0
Удельное электросопротивление, Ом·мм ² при T = 20 °C	30,0–50,0
Коэффициент трения, не более	0,15

Согласно методическим указаниям ОАО «ВНИИинструмент» для режущих инструментов, оснащенных элементами из сверхтвердых материалов типа синтетического алмаза и кубического нитрида бора, за критерий износа

принимают $h_3 = 0,4$ мм (общий износ задней поверхности) [3]. При этом показателе обеспечивается определенная стойкость инструмента (в минутах) и качество обработки применительно к группе материалов. В принятых методическими указаниями группах материалов аналогов углерод-углерод композиционным материалам, в частности «Углекон-Т», нет.

Режимы резания приведены в табл. 2.

Таблица 2

Режимы резания и результаты испытания концевых фрез
(материал «Углекон-Т»)

Инструмент	n , об/мин	V , м/мин	S , мм/мин	S' , мм/об	t , мм	$t_{бок}$, мм	$L_{реза}$, мм	h_3 , мм	$h_{шир}$, мм	T , мин
DLC-радиусная фреза, Ø 10 мм	3000	94,2	500	0,16	0,5	3,0	14 950	0,1–0,25	~0,02	33,34
HCN-радиусная фреза, Ø 10 мм	3000	94,2	500	0,16	0,5	3,0	14 950	0,25–0,3	~0,02	33,34
HCS-радиусная фреза, Ø 10 мм	3000	94,2	500	0,16	0,5	3,0	14 950	0,4	0,05–0,02	33,34
Алмазный порошок – концевая, Ø 10 мм	3000	150,7	700	0,23	0,2	0,7	34 500	Общего износа не зафиксировано		63,20

Примечание: n – число оборотов шпинделя, об/мин; V – скорость вращения шпинделя, м/мин; S – подача, мм/мин; S' – подача, мм/об; t – глубина резания, мм; $t_{бок}$ – ширина резания, мм; h_3 – износ задней поверхности, мм; $h_{шир}$ – ширина передней поверхности, мм; T – период стойкости инструмента, мин.

Из табл. 2 видно, что характер износа фрез абразивный для всех упрочняющих покрытий, разница лишь в величине этого износа. Из концевых твердосплавных радиусных фрез наибольшую стойкость показала фреза с алмазоподобным покрытием DLC. Износ при времени работы от 33,34 мин составил 0,10–0,25 мм, что позволяет использовать ее далее.

Твердосплавные фрезы с алмазоподобным покрытием HCN, HCS показали средние результаты. При времени работы от 33,34 до 60,30 общий износ задней поверхности составил 0,25...0,4 мм.

Лучший результат показала фреза с нанесенным покрытием с алмазным порошком, при времени работы 63,20 мин общего износа не обнаружено, лишь при увеличении $\times 100$ видны отдельные незначительные площадки износа выступающих из связки зерен алмаза и отрыв зерен алмаза от связки.

Сделаем следующие выводы:

1. Исходя из проведенных испытаний твердосплавных фрез разных производителей с различными покрытиями, можно сделать вывод, что наиболее износостойки фрезы с алмазоподобным покрытием DLC.

2. На лезвийном инструменте (покрытия HCN, HCS и DCL) износ наблюдался лишь по задней поверхности, по передней поверхности износ практически не наблюдался.

3. Инструмент с нанесенным покрытием с алмазным порошком показал самые лучшие результаты, поэтому необходимы дальнейшее испытания на критический износ, контроль качества и геометрии детали и последующее внедрение этого покрытия в производство.

Список литературы

1. Лоладзе Т.Н. Прочность и износостойкость режущего инструмента. – М.: Машиностроение, 1982. – 320 с.

2. Технология и проектирование углерод-углеродных композитов и конструкций / Ю.В. Соколкин, А.М. Вотинов [и др.]. – М.: Наука: Физмалит, 1996. – 240 с.

2. Методические указания по ускоренным испытаниям инструментов из новых сверхтвердых материалов / НИИмаш. – М., 1979. – 12 с.

Получено 15.02.2013

Благодаров Артем Игоревич – аспирант, Пермский национальный исследовательский политехнический университет; инженер-технолог, Уральский научно-исследовательский институт композиционных материалов (614990, г. Пермь, Комсомольский пр., 29, e-mail: artblag@yandex.ru).

Рыбаков Михаил Германович – начальник лаборатории механической обработки, Уральский научно-исследовательский институт композиционных материалов (614014, г. Пермь, ул. Новозвягинская, д. 57).

Муратов Карим Равилевич – кандидат технических наук, доцент, Пермский национальный исследовательский политехнический университет (614990, г. Пермь, Комсомольский пр., 29, e-mail: Karimur_80@mail.ru).

Blagodarov Artem Igorevich – Graduate Student, Perm National Research Polytechnic University; Technology Engineer, The Ural Scientific Research Institute of Composite Materials (614990, Perm, Komsomolsky av., 29, e-mail: artblag@yandex.ru).

Rybakov Mihail Germanovich – Head of Mechanical Treatment Laboratory, The Ural Scientific Research Institute of Composite Materials (614014, Perm, Novozvyaginskaya st., 57).

Muratov Karim Rovilevich – Candidate of Technical Sciences, Assistant Professor, Perm National Research Polytechnic University (614990, Perm, Komsomolsky av., 29, e-mail: Karimur_80@mail.ru).