

**ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ФРЕЗЕРОВАНИЯ  
КОМПОЗИЦИОННЫХ УГЛЕРОДСОДЕРЖАЩИХ  
МАТЕРИАЛОВ**

**Власов С.Н., кандидат технических наук, доцент,  
тел. 8(84235) 6-09-30, wlasow-stas@mail.ru**

**Власова В.Н., кандидат технических наук, доцент,  
тел. 8(84235) 6-09-30, vlasova-va75@mail.ru**

**Коновалов В.И., старший преподаватель,  
тел. 8(84235) 6-09-30, v.i.konovalov.56@mail.ru**

**Климов А.С., ассистент,  
тел. 8 (84235) 6-43-76, ask@rusartel.ru**

**ПКИУПТ (филиал) ФГБОУ ВО «МГУТУ им.К.Г.Разумовского  
(ПКУ)»,**

**Димитровградский инженерно-технологический  
институт – филиал ФГАОУ ВО «Национальный  
исследовательский ядерный университет «МИФИ»**

***Ключевые слова:** композиционные углерод-содержащие материалы, резание, концевая фреза, период стойкости, работоспособность, деформация*

*В работе проанализировано влияние режимов резания на период стойкости инструмента при фрезеровании композитных углеродсодержащих материалов. Установлено, что наибольшее влияние на период стойкости инструмента при резании композиционных материалов оказывает скорость резания, исследованию которой уделено наибольшее влияние. Проанализировано влияние скорости резания, величины минутной подачи, глубины резания и угла*

*заострения режущего клина на период стойкости инструмента при обработке углепластика.*

**Введение.** При фрезеровании композиционных углеродсодержащих материалов следует отметить ряд особенностей по сравнению с фрезерованием металлов: композиционные материалы отличаются трудной обрабатываемостью [1] в следствии анизотропии свойств, высокой твердости наполнителя, низкой теплопроводностью, высокими упругими свойствами композита и др. Поэтому для достижения требуемого качества обработки материала и высокой производительности процесса обработки, необходимо использовать режущие инструменты, обладающие высокой стойкостью [2].

**Материалы и методы исследований.** В качестве обрабатываемого материала использовали композиционные углеродсодержащие материалы. В качестве инструментального материала использовали фрезы из твердого сплава МК8 в диапазоне скоростей резания от 20 до 120 м/мин, в диапазоне подачи от 0,05 до 0,3 мм/об. Критерием износостойкости являлась величина фаски износа по задней грани. Критерием работоспособности режущего инструмента являлся период стойкости. Перед проведением эксперимента было выполнено планирование с помощью матрицы ПФЭ, после проведения эксперимента выполнена статистическая обработка экспериментальных данных и проверена адекватность модели по критерию Фишера.

**Результаты исследований и их обсуждение.** В процессе фрезерования композиционного материала при проведении экспериментальных исследований установлено,

что на период стойкости режущего инструмента существенное влияние оказывает скорость резания. На рисунках 1 и 2 приведены зависимости периода стойкости режущего инструмента от скорости резания при различных глубинах резания и от скорости резания при различных значениях подачи.

Результаты эксперимента, представленные на рисунках показывают, что при увеличении скорости резания период стойкости режущего инструмента снижается. Это объясняется с тем, что по при увеличении скорости резания повышается температура в зоне резания. Увеличение числа оборотов шпинделя от 2000 об/мин до 6000 об/мин приводит к снижению периода стойкости на 40 – 50 %.

Зависимости периода стойкости режущего инструмента, оснащённого твёрдым сплавом, от скорости резания имеют классический вид, как и при резании конструкционных материалов. При увеличении скорости резания период стойкости режущего инструмента уменьшается. Также при увеличении подачи период стойкости снижается при постоянной скорости резания.

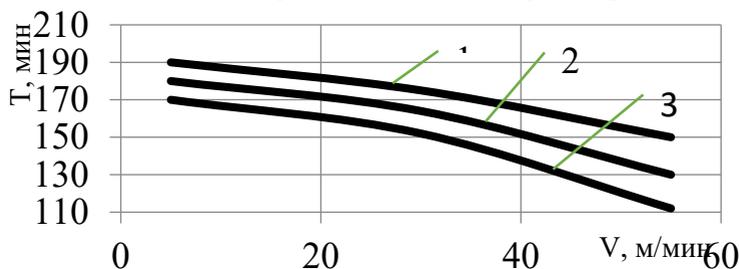


Рисунок 1 – Зависимость периода стойкости режущего инструмента, оснащённого твёрдым сплавом, от скорости резания при различных значениях подачи 1:  $S = 4$  м/мин, 2:  $S = 6$  м/мин, 3:  $S = 8$  м/мин  
( $t=1$  мм,  $\beta = 80^\circ$ )

Следует отметить, что при скорости резания  $V=10$  м/мин и минутной подаче  $S=4$  м/мин период стойкости составил  $T=187$  мин, а при скорости  $V=50$  м/мин и той же минутной подаче, период стойкости составил уже  $T=155$  мин (рисунок 1). Этот факт можно объяснить тем, что при увеличении скорости резания возрастает скорость деформаций, что приводит к повышению сил резания и температур в зоне резания. Рост деформации приводит к диффузионному и адгезионному изнашиванию режущего клина, которое снижает период стойкости режущего инструмента.

При рассмотрении влияния на период стойкости глубины резания отмечено, что чем больше глубина резания, тем меньше период стойкости режущего инструмента (рисунок 2).

Угол заострения режущего клина оказывает не менее важное влияние на период стойкости инструмента. В результате проведенного эксперимента (таблица 1) стойкости режущего инструмента при обработке композиционных углеродсодержащих материалов отмечено, что при увеличении угла заострения режущего клина период стойкости инструмента растет. Данный факт можно объяснить увеличением прочности режущего клина.

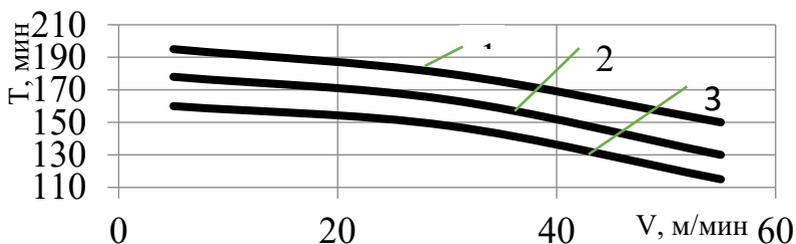


Рисунок 2 – Зависимость периода стойкости режущего инструмента, оснащённого твёрдым сплавом, от скорости резания при различных значениях глубины резания 1:  $t=1$  мм, 2:  $t=2$  мм, 3:  $t=3$  мм ( $S=4$  м/мин,  $\beta=80^\circ$ )

Из таблицы 1 видно, что прослеживается закономерность между скоростью резания и периодом стойкости, и характер зависимости повторяет характер кривой, приведенной на рисунках 1-3.

Таблица 1 – Результаты эксперимента стойкости режущего инструмента при обработке композиционных углеродсодержащих материалов ( $t = 2$  мм,  $S = 6$  м/мин,  $\beta=60^\circ$ )

Скорость резания, м/мин	Расчетное значение периода стойкости T, мин	Экспериментальные значения			Среднее значение периода стойкости T, мин
		Номер опыта			
		1	2	3	
20	206	198	207	203	202
40	182	180	182	187	183
60	152	155	151	149	151

**Закключение.** Исследование влияния различных факторов на стойкость режущего инструмента при процессе фрезерования композиционных углеродсодержащих материалов показали, что наибольшее влияние на период стойкости режущего инструмента оказывает скорость резания, с увеличением которой период стойкости режущего

инструмента снижается. Этот факт обусловлен возрастанием температуры на режущих кромках инструмента, деформаций, что влечет за собой износ. Также следует отметить, что при процессе фрезерования необходимо учитывать, что сила резания может возрасти в связи с высокими упругими свойствами композита. Упругие характеристики композиционного материала способствуют упругому восстановлению слоев материала, лежащих на поверхности обработки.

#### **Библиографический список:**

1. Vlasov S.N. Modeling of Exposure of Impulse Laser Radiation on Multilayered Instrumental Composition / Vlasov S.N., Sagan I.A., Kozlov V.A., Tabakov V.P. // Biosciences biotechnology research Asia. - 2015 Vol. 12(3). P. 3053-3060.

2. Табаков В.П. Работоспособность режущего инструмента с покрытиями при обработке заготовок из труднообрабатываемых материалов / Табаков В.П., Власов С.Н., Сизов С.В., Чихранов А.В. // Упрочняющие технологии и покрытия, 2015, № 7, С. 5-9.

### **RESEARCH OF THE PROCESS OF MILLING OF COMPOSITE CARBON-CONTAINING MATERIALS**

**Vlasov S.N., Vlasova V.N., Konovalov V.I., Klimov A.S.**

**Key words:** *composite carbonaceous materials, cutting, end mill, durability, operability, deformation*

*The paper analyzes the effect of cutting conditions on the tool life period when milling composite carbon-containing materials. It has been established that the cutting speed has the*

*greatest influence on the tool life period when cutting composite materials, the study of which is given the greatest influence. The influence of the cutting speed, the value of the minute feed, the depth of cut and the angle of the cutting wedge on the tool life period when processing is analyzed.*