

## Литература

1. Патент РБ № 18498. Способ получения покрытия из антифрикционного металлофторопластового порошкового материала / Бобарикин Ю. Л., Швецов А. Н., Шишков С. В. – 2010.
2. Кочергин, К. А. Контактная сварка / К. А. Кочергин. – Л. : Машиностроение, 1987. – 240 с.

**ВЛИЯНИЕ РЕЖИМОВ РЕЗАНИЯ НА СТОЙКОСТЬ ФРЕЗЫ  
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РАЗЛИЧНЫХ СОТС**

**Э. Р. Ваниев, Э. Ш. Джемилов, Э. Л. Бекиров, А. В. Крыжановский**

*Крымский инженерно-педагогический университет имени Февзи Якубова,  
г. Симферополь, Республика Крым*

*Приведены результаты моделирование стойкости инструмента от режимных параметров приработки, а также режимов резания приработанного инструмента и исследование их влияния на стойкость зубьев фрез отдельно для каждой из используемых технологических сред.*

**Ключевые слова:** СОТС, фрезерование, режимы резания, стойкость, приработка, моделирование.

**Постановка задачи и цель исследований.** Фрезерование представляет собой разновидность механической обработки, функционирование которой как системы зависит от множества факторов (переменных), обуславливающих как протекание процесса резания в виде физико-химических явлений его сопровождающих, так и его выходные характеристики – производительность и себестоимость обработки, стойкость инструмента, показатели качества поверхности и др. [1–3].

Рассмотрение системы механической обработки и особенностей процесса резания как совокупности взаимосвязанных явлений, возникающих при образовании структуры, позволяет утверждать, что использование смазочно-охлаждающих технологических средств (СОТС) оказывает существенное влияние на их интенсивность и тем самым влияет на стойкость инструмента.

В современной теории резания процесс стружкообразования рассматривается как термомеханический процесс [2, 3], определяемый множеством взаимосвязанных первичных параметров механической обработки. Учитывая это, влияние СОТС на механизм процесса резания без взаимосвязи с другими факторами не может быть установлено в такой мере. Однако влияние СОТС на параметры процесса резания во взаимосвязи с другими факторами, определяющими систему механической обработки, практически не исследовано.

Исходя из термомеханического подхода в теории резания контактные нагрузки, действующие на инструмент, и температура резания для пары «обрабатываемый материал–инструмент», прежде всего, определяются режимами резания и СОТС, в присутствии которой происходит обработка. Поэтому исследование влияние режимов резания в некотором диапазоне их изменения и различных СОТС на стойкость инструмента при фрезеровании стали 12Х18Н10Т является актуальной задачей и имеет большое практическое значение при разработке рекомендаций по использованию СОТС в различных условиях эксплуатации.

Цель исследования – установление влияние режимов резания на стойкость быстрорежущих фрез при использовании различных СОТС с использованием технологии минимальной смазки (ТМС) для разработки рекомендаций по рациональному использованию технологических сред при обработке стали 12Х18Н10Т.

**Анализ последних исследований и публикаций.** Известно, что в процессе резания наблюдается три вида износа: приработочный, нормальный и катастрофический. Исследованиями [5] установлено, что приработка инструмента на более низких режимах резания приводит к значительному повышению стойкости инструмента в сравнении с дальнейшей его эксплуатации на более высоких режимах резания. Это объясняется тем, что в процессе приработки на контактных поверхностях инструмента наблюдается пластическая деформация контактных (локальных) микрообъемов, вследствие которой происходит их упрочнение (включая образование химических соединений).

Упрочнение инструмента резанием зависит от среды, в которой осуществляется приработка. По результатам, приведенным в этой работе, можно предположить, что при обработке сталей аустенитного класса, к которым относится и сталь 12X18H10T, одним из перспективных направлений повышения работоспособности инструмента является применение СОТС на основе растительных масел с использованием ТМС. Однако приведенные исследования проводились только при точении. Поэтому они в полной мере не могут быть отнесены к фрезерованию. Кроме того, вопрос эффективного использования различных СОТС во взаимосвязи с другими факторами, определяющими процесс резания, в этих исследованиях не рассматривался.

Впервые на основе математического моделирования с использованием одного из методов самоорганизации – группового учета аргументов в результате обработки экспериментальных данных была получена модель в виде зависимости стойкости фрезы от режимов резания и обобщенной характеристики той или иной СОТС. В качестве обобщенной характеристики СОТС была выбрана адгезионная составляющая ( $\mu_a$ ) коэффициента трения пары 12X18H10T – P6M5.

Предполагалось получить модель в виде функции  $T = f(V_{\text{пр}}, S_z, V_c, t, \mu_a)$ , где скорость приработки изменялась в диапазоне  $V_{\text{пр}} = (12,2\text{--}27,9)$  м/мин, а скорость фрезерования после приработки при постановке экспериментов изменялась в диапазоне  $V_c = (27,4\text{--}49,6)$  м/мин.

Значения остальных переменных в каждом эксперименте были одинаковыми как на стадии приработки, так и при работе инструмента после приработки и изменялись в пределах  $S_z = (0,1\text{--}0,3)$  мм/зуб;  $t = (0,4\text{--}2)$  мм и  $\mu_a = (0,13\text{--}0,31)$ , соответственно для смазки МР-99 –  $\mu_a = 0,13$ , для рапсового масла –  $\mu_a = 0,2$ ; для касторового масла –  $\mu_a = 0,26$  и для И-20А –  $\mu_a = 0,31$ .

Таким образом, по аналогии согласно работе [5] отличие режима приработки инструмента от режима его работы после приработки определялось только скоростью приработки. Влияние исследуемых переменных на стойкость осуществляется в тесной взаимосвязи друг с другом. В данных моделях влияние скорости приработки на стойкость исследуемого инструмента не выявлено.

Это может быть объяснено тем, что коэффициент адгезионной составляющей  $\mu_a$  коэффициента трения не может служить характеристикой СОТС, несущей информацию об эффектах каждой из них, как это было предложено в работе [6]. Поэтому не представляется возможным синтезировать одну модель, по которой можно было определять стойкость фрез в зависимости от вида различных СОТС.

Следовательно, возникает задача построения моделей в виде зависимостей  $T = f(V_{\text{пр}}, S_z, V_c, t)$  при использовании отдельно каждой из СОТС.

Рассмотрим моделирование стойкости инструмента с использованием различных сред. Синтез зависимостей  $T = f(V_{\text{пр}}, S_z, V_c, t)$  осуществлялся по предложенной методике, и в тех же пределах исследуемых переменных ( $V_{\text{пр}}, S_z, V_c$ , и  $t$ ). В результате обработки экспериментальных данных получены модели.

Анализ структур полученных моделей показывает, что режимные параметры оказывают влияние на стойкость во взаимосвязи друг с другом. Следует отметить, что в присутствии индустриального масла И-20А в выбранных пределах изменения глубина резания на стойкость инструмента при фрезеровании стали 12Х18Н10Т не оказывает влияния.

Количественную оценку каждого из факторов для каждой из исследуемых СОТС можно определить при исследовании зависимостей:  $T = f(S_z)$ ,  $T = f(V_{пр})$ ,  $T = f(V_c)$  и  $T = f(t)$ .

**Влияние исследуемых переменных на стойкость инструмента.** Исследование каждой из рассматриваемых переменных проводилось по графическим зависимостям стойкости от каждой из переменных, полученных соответственно по моделям. Выбор значений режимных параметров для построения стойкостных зависимостей от них продиктованы рекомендациями приработки при точении стали 12Х18Н10Т [5].

Анализ этих зависимостей показывает, что наибольшее влияние на стойкость оказывает подача на зуб ( $S_z$ ) в присутствии касторового масла. При этом интенсивность ее влияния на стойкость в большей степени проявляется при скорости приработки  $V_{пр} = 28$  м/мин. При приработке со скоростью  $V_{пр} = 28$  м/мин, подачей  $S_z = 0,1$  мм/зуб стойкость фрезы достигает 347 мин, т. е. более чем в 2,4 раза выше стойкости фрезы при сухой обработке на тех же режимах.

С увеличением  $S_z$  эффективность использования касторового и рапсового масел в сравнении с сухой обработкой повышается. Так, в присутствии касторового масла при скоростях приработки  $V_{пр} = 15,5$  м/мин и  $V_{пр} = 28$  м/мин стойкость инструмента соответственно в 4,1 и 2,5 раза выше стойкости при сухой обработке. При использовании рапсового масла при тех же значениях подачи на зуб и скоростей приработки стойкость соответственно выше по сравнению с сухой обработкой в 4 и 6 раз.

Проведенный анализ и анализ графических зависимостей показывают, что при  $V_{пр} = 15,5$  м/мин в диапазоне  $S_z$  от 0,1 мм/зуб до 0,2 мм/зуб лучшие результаты по стойкости инструмента наблюдается при использовании касторового масла. При приработке зубьев фрез в  $V_{пр} = 28$  м/мин наблюдается повышение их стойкости при использовании касторового масла до  $S_z = 0,15$  мм/зуб.

Сопоставляя результаты исследований влияния режимных параметров приработки и дальнейшей эксплуатации фрез после приработки на стойкость инструмента в присутствии касторового масла, установлено, что с уменьшением подачи  $S_z$ , глубины резания стойкость инструмента резко увеличивается, и это позволяет рекомендовать наиболее эффективное использование касторового масла при фрезеровании, стали 12Х18Н10Т в условиях чистой обработки.

Влияние глубины резания на стойкость инструмента в присутствии рапсового масла значительно меньше, чем при использовании касторового масла. При  $V_{пр} = 15,5$  м/мин некоторое снижение наблюдается при увеличении глубины резания до  $t = 0,8$  мм. При  $V_{пр} = 28$  м/мин уменьшение стойкости инструмента происходит при увеличении глубины до  $t = 1,2$  мм в 1,4 раза. Дальнейшее повышение глубины резания не влияет на изменение стойкости.

Таким образом, анализируя результаты зависимостей стойкости от режимных параметров процесса приработки инструмента и его работы после приработки фрезерование при использовании рапсового масла более эффективно применять в условиях получистового резания.

Изменение глубины резания от 0,4 мм до 2,0 мм при сухом резании независимо от значений скорости приработки, уменьшает стойкость зубьев фрез в 2,7 раза.

Проведенный анализ влияния на стойкость инструмента режимов приработки и режимов фрезерования приработанным инструментом в присутствии различных технологических сред показал, что использование растительных масел (касторового и рапсового) значительно повышает стойкость зубьев фрез в сравнении с сухой обработкой и с использованием таких СОТС, как МР-99 и И-20А.

Показано, что для чистовой обработки наиболее эффективно применить в качестве СОТС с использованием технологии минимальной смазки касторовое масло. При фрезеровании с глубинами резания более 0,5–0,8 мм целесообразно применять рапсовое масло.

Установлено, что наибольшее влияние на стойкость инструмента в принятом диапазоне изменения режимов резания оказывают подача на зуб и глубина резания для растительных масел, используемых в качестве СОТС, а при сухой обработке и при использовании СОТС МР-99 и И-20А – подача на зуб.

#### Литература

1. Ящерицын, П. И. Теория резания : учебник / П. И. Ящерицын, Е. Э. Фельдштейн, М. А. Корниевич. – 2-е изд., испр. и доп. – Минск : Новое знание, 2006. – 512 с.
2. Васин, С. А. Резание материалов: Термомеханический подход к системе взаимосвязей при резании / С. А. Васин, А. С. Верещака, В. С. Кушнер. – М. : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2001. – 448 с.
3. Розенберг, Ю. А. Резание материалов : учеб. для техн. вузов / Ю. А. Розенберг. – Курган : ОАО «Полиграфический комбинат», 2007. – 294 с.
4. Якубов, Ф. Я. Структурно-энергетические аспекты упрочнения и повышения стойкости режущего инструмента / Ф. Я. Якубов, В. А. Ким. – Симферополь, 2005. – 300 с.
5. Якубов, Ч. Ф. Упрочняющее действие СОТС при обработке металлов резанием / Ч. Ф. Якубов. – Симферополь : ОАО «Симферопольская городская типография», 2008. – 156 с.
6. Бесарабев, Ю. И. О возможности использования в качестве оценки трибологических свойств СОТС коэффициента трения пары инструментальный-обрабатываемый материалы / Ю. И. Бесарабев, Э. Р. Ваниев, П. В. Скринник // Резание и инструмент в технологических системах : Междунар. науч.-техн. сб. / Нац. техн. ун-т «Харьк. политехн. ин-т». – Харьков, 2012. – Вып. 82. – С. 10–17.

## СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ ПОЛОСОВОГО АНТИФРИКЦИОННОГО МЕТАЛЛОФТОРОПЛАСТОВОГО КОМПОЗИЦИОННОГО МАТЕРИАЛА

А. Д. Тамков

*Учреждение образования «Гомельский государственный технический  
университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь*

Научный руководитель А. Н. Швецов

*Разработан способ нанесения металлофторопластовых антифрикционных покрытий  
на стальную полосу-подложку способом электроимпульсного припекания.*

**Ключевые слова:** политетрафторэтилен, предварительное формование, электроимпульсное спекание, подшипники скольжения.

В мировой практике создания антифрикционных материалов для самосмазывающихся подшипников скольжения в условиях эксплуатации до 300 °С в различных средах наиболее эффективными являются композиционные материалы, имеющие в качестве основного смазывающего наполнителя политетрафторэтилен (ПТФЭ) с техническим названием в СНГ – фторопласт (в США – тефлон, в Англии – флуон, во Франции – гафлон, в Японии – полифлон, в Италии – агофлон, в ФРГ – гостафлон).