

Ч.Ф. Якубов, Э.Р. Ваниев

РВУЗ “Крымский инженерно-педагогический университет”,
кафедра технологии машиностроения

МОДЕЛИРОВАНИЕ СТОЙКОСТИ ФРЕЗЫ ИЗ Р6М5 ПРИ ИЗМЕНЕНИИ УСЛОВИЙ ЕЁ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЙ ПРИРАБОТКИ И ДАЛЬНЕЙШЕЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ ПРИ ФРЕЗЕРОВАНИИ СТАЛИ 12Х18Н10Т

© Якубов Ч.Ф., Ваниев Э.Р., 2012

Одержано модель стійкості фрези з Р6М5 під час фрезерування сталі 12Х18Н10Т залежно від режимів різання попереднього приробляння й від режимів різання після приробляння за наявності різних СОТС.

В обраних межах зміни змінних ця модель дає змогу визначити раціональні умови деформаційного зміцнення за рахунок зміни режимів приробітку за наявності різних СОТС для різних умов подальшої експлуатації інструмента.

The model of firmness is got for milling cutter from R6M5 at milling 12X18H10T became depending on the cutting parameters of the running-in and from the cutting parameters after running-in in presence different lubricant-cooling agent.

In the chosen limits of change of variables this model allows to define the rational terms of the deformation work-hardening due to the change of the cutting parameters of the running-in in presence different lubricant-cooling agent for different terms subsequent exploitations of tool.

Вступлення и постановка задачи. Повышение стойкости режущих инструментов является определяющим фактором интенсификации режимов резания и, как следствие, повышения производительности обработки. Среди множества известных способов повышения стойкости инструментов – деформационное упрочнение инструмента предварительной приработкой [1, 2] в присутствии смазочно охлаждающих технологических сред (СОТС) является перспективным и наиболее простым.

Применение СОТС на стадии предварительной приработки снижает площадь контакта стружки с передней поверхностью инструмента и повышают уровень нормальных нагружающих напряжений, тем самым усиливая деформационные процессы на рабочих поверхностях инструмента, обеспечивают формирование контактных слоев упрочненной износостойкой структуры.

Однако, этот способ повышения стойкости инструмента исследовался только в условиях непрерывного резания, где основным режимным фактором приработки выступала скорость.

В работах [1–3] отмечается, что эффективность упрочнения инструмента его предварительной приработкой можно повысить и за счет управления режимами резания на стадии предварительной приработки, что основывается на взаимосвязанном влиянии режимов на контактные процессы при резании [4–6].

Поэтому в настоящей работе рассмотрена задача моделирования условий деформационного упрочнения при фрезеровании стали 12Х18Н10Т фрезами из Р6М5 в присутствии различных СОТС.

Общая характеристика методики моделирования

Для построения модели как функции стойкости инструмента от исследуемых переменных –

$$T = f(\bar{X}, \bar{\theta}), \quad (1)$$

где \bar{X} – вектор контролируемых переменных; $\bar{\theta}$ – вектор оценок коэффициентов был выбран один из алгоритмов метода группового учета аргументов (МГУА). Этот метод позволяет по небольшому

количеству экспериментальных данных (наблюдений) получать модели адекватные изучаемому процессу [7].

Моделирование исследуемого процесса фрезерования проводилось в три этапа:

- определение возможности использования адгезионной составляющей μ_a коэффициент трения пары инструментальный – обрабатываемый материал (Р6М5 - 12Х18Н10Т) [8, 9];
- получение модели как функции стойкости инструмента от скорости приработки $V_{пр}$, скорости резания V , подачи на зуб S_z , глубины резания t и μ_a ;
- получение модели как функции стойкости фрезы от минутной подачи приработки $S_{мин.пр.}$ и минутной подачи эксплуатации инструмента после приработки, глубины резания $S_{мин}$, глубины резания t и μ_a .

Результаты первого этапа моделирования и показали, что адгезионная составляющая μ_a коэффициента трения пары обрабатываемый – инструментальный материал может служить оценкой трибологических свойств СОТС. Это объясняется тем, что определение этой характеристики [8, 9] проводилось при давлениях и температуре аналогичных предварительной приработке.

На втором этапе моделирования по экспериментальным данным была получена модель, как функция стойкости фрез от подачи на зуб, скорости резания после приработки, глубины резания и коэффициента μ_a . Скорость фрезерования на этапе предварительной приработки согласно модели полученной на втором этапе не входила в структуру модели. Это означало, что скорость приработке не оказывает влияния на деформационное упрочении фрезы на стадии приработки, что не соответствовало действительности.

Это может быть объяснено тем, что в процессе формирования матрицы экспериментальных данных для построения моделей, режимные параметры приработки изменялись только за счет изменения скорости приработки $V_{пр}$, а подача на зуб S_z в каждом опыте совпадала при работе инструмента в режиме дальнейшей эксплуатации. Вместе с тем скорость резания и подача на зуб S_z мм/зуб обуславливают значение минутной подачи.

Поэтому на третьем этапе моделирования в качестве переменных наряду с глубиной резания и коэффициентом μ_a были выбраны – минутная подача приработки и минутная подача фрезы при её работе после приработки.

Для построения модели был составлен и реализован статический план из 30 экспериментов, где каждая из переменных варьировалась чисто случайным образом на 5-ти уровнях [7].

Диапазон изменения переменных при моделирования стойкости фрез приведен в таблице.

Диапазон изменения переменных

Переменные	Уровни	
	Верхний	Нижний
$S_{м.пр.}$, мм/мин (X_1)	54	10
S_m , мм/мин (X_2)	96	18
t , мм (X_3)	2,0	0,4
μ_a , (X_4)	0,31	0,13

Реализация плана экспериментов для формирования матрицы экспериментальных данных проводилась по следующей методике экспериментальных исследований.

Методика экспериментальных исследований

В исследования принимали участие фрезы с составными ножами $Z = 2$, шириной $B = 10$ мм, которые работали по схеме цилиндрической фрезы, фрезеруя плоскости размером $b \times \ell_0 = 7 \times 200$ мм.

В эксперименте принимали участие 3 фрезы. После каждого эксперимента ножи перетачивались по передней и задней поверхностям геометрические параметры режущей части лежали в пределах допуска $\pm 0,5^\circ$.

По средним результатам опытов в каждом эксперимента составлялась матрица экспериментальных данных.

Для проведения экспериментов был смонтирован стенд на базе станка модели 6Б75ВФ.

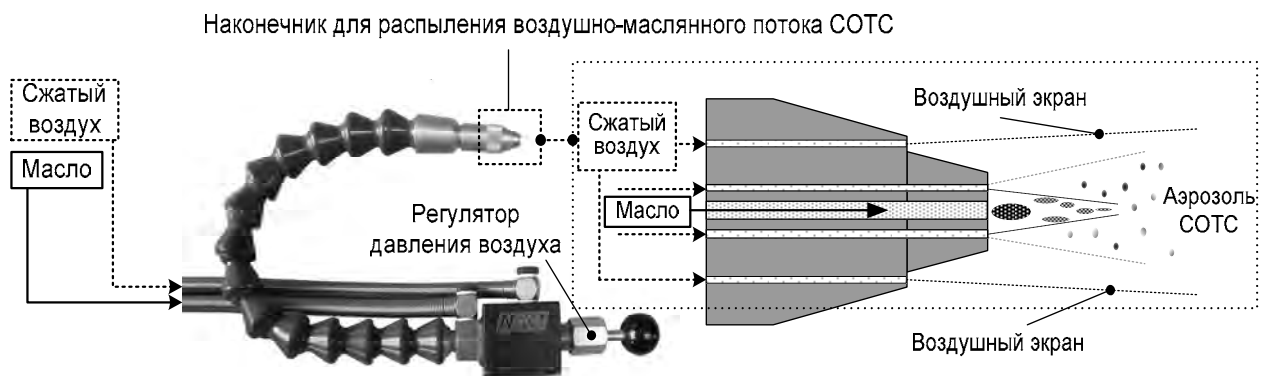
Для определения минутной подачи был выбран диапазон изменения подачи на зуб S_z для предварительной приработки и диапазон подач S_z для работы фрезы после приработке, а также диапазон изменения скоростей приработки и после неё.

По этим данным были рассчитаны диапазоны минутных подач (см. таблица).

Эксперименты проводилась с помощью устройства внешней подачи СОТС с использованием технологии минимального смазывания.

Технология минимального смазывания (ТМС) – это малоотходная альтернатива общепринятому способу полнотруйной подачи СОТС, целью которой является сокращение расхода смазывающе-охлаждающего материала при неизменной производительности процесса механической обработки.

В настоящих исследованиях применялось специальное дозирующее устройство Noga Minicool (пр. Израиль). Общий вид и принцип работы представлен на рисунке.



Общий вид дозирующего устройства Minicool
(образование воздушно-масляного аэрозоля реализуется на основе принципа Вентури)

Согласно отрегулированным настройкам смазывающий материал и сжатый воздух коаксиально подаются по кабелям системы к дозирующей форсунке. Смесеобразование происходит на выходе форсунки на основе принципа Вентури. Распыляясь, тонкодисперсная воздушно-маслянная смесь устремляется к зоне обработки. В основу такой конструкции заложен так же принцип формирования защитного воздушного экрана. Ввиду особенностей конструкции аэрозольный поток точно направляется и охватывая контактную зону обработки, при этом концентрация воздушно-маслянной смеси в рабочей части станка существенно снижается.

Каждый эксперимент по предварительной обработка и дальнейшей работы фрезы проводился одновременно. В процессе проведения эксперимента на стенде устанавливался микроскоп (модели МБС-1) и через каждые 200мм прохода фрезы измерялся и фотографировался износ зубьев фрезы. Приработанной считались фреза, у которой кривая износа изменяла наклон (крутизну), после чего согласно плану экспериментов определялось значение минутной подачи дальнейшей работы фрезы в соответствии с заданными значениями S_z и V_0 при заданном диаметре фрезы.

При моделировании стойкости приработанной предварительно фрезы время её приработки не учитывалась.

Моделирование стойкости фрезы как функции $T = f(S_{м.пр}, S_{м.в}, t, \mu)$

Для построения модели с использованием упрощенного модифицированного алгоритма МГУА необходимо было выбрать пространство исходных данных. Так как при определении зависимостей стойкости инструмента от режимов резания наиболее часто используются логарифмические функции, то пространство исходных переменных было розширено до $\vec{x}, \ln \vec{x}$.

Стойкость инструмента, как выходной параметр в матрицу исходных данных вводилось в пространстве ℓny .

При моделировании стойкость инструмента описывается математическим её ожиданием с учетом масштабного пространства исследуемых переменных. Поэтому задача синтеза модели стойкости сводилась к построению функции:

$$M(\ell ny/\bar{X}, \ell n\bar{X}) = F(\ell ny/\bar{X}, \ell n\bar{X}, \bar{\theta}), \quad (2)$$

где $M(\ell ny/\bar{X}, \ell n\bar{X})$ – математическое ожидание средней величину ℓny ; $F(\ell ny/\bar{X}, \ell n\bar{X}, \theta)$ – неизвестный по виду и структуре оператор (функциональная связь); $\bar{\theta} = \|\theta_0, \theta_1, \dots, \theta_i\|$ – неизвестный вектор оцениваемых параметров.

В результате моделирования получена модель, которая с точностью 11%, описывает зависимость стойкости от исследуемых переменных:

$$\ln T = 5,495 - 9,876 \cdot 10^{-2} \cdot (\ln S_m)^2 - 1,73 \cdot 10^{-3} \cdot \ln t \cdot \mu_a \cdot (\ln S_m)^4 - 4,293 \cdot 10^{-4} \cdot t \cdot \ln \mu_a \cdot (\ln S_m)^4 - 6,179 \cdot 10^{-7} \cdot (\ln S_m)^7 \cdot S_m \cdot \ln t \cdot \mu_a + 6,758 \cdot 10^{-5} \cdot S_{m, np} \cdot \ln t \cdot \mu_a \cdot (\ln S_m)^4 \quad (3)$$

Анализ структуры модели показывает, что в пределах изменения исследуемых переменные процесса цилиндрического фрезерования наибольшее влияние на стойкость зубьев фрезы оказывает минутная подача как для предварительно приработанных та и не приработанных фрез, затем глубина резания, коэффициент μ_a и $S_{m, np}$ подача приработки фрезы.

При этом влияние минутной подачи на стадии предварительной приработки проявляется в тесной взаимосвязи с остальными переменными исследуемого процесса. Оценка этого влияния может быть осуществлена после проследования величина каждой переменной на стойкость в диапазоне их изменения.

Выводы. Полученная модель позволяет путем исследования стойкости в выбранном диапазоне изменения режимов предварительной приработки и дальнейшей эксплуатации инструмента после приработки определять рациональные условия деформационно упрочнения для повышения стойкости фрез с учетом производительности обработки, определяемой режимами резания в условиях применения различных СОТС.

Показано, что необходимые условия деформационного упрочения зависят от взаимообусловленного изменения режимов резания к технологических сред в присутствии которых происходит процесс резания.

1. Ким В.А. Влияние приработке рабочих поверхностей быстрорежущего инструмента на его стойкости: дисс. ... канд. техн. наук: 05.03.01. – Ташкент–Киев, 1983. – 183 с. 2. Якубов Ч.Ф. Упрочняющее действие СОТС при обработке металлов резанием. – Симферополь: ОАО “Симферопольская городская типография” (СГТ), 2008. – 156 с. 3. Якубов Ф.Я. Структурно-энергетические аспекты упрочнения и повышения стойкости режущего инструмента / Ф.Я. Якубов, В.А. Ким. – Симферополь, 2005. – 300 с. 4. Верещака А.С. Резание материалов: учебник / А.С. Верещака, В.С. Кушнер. – М.: Высшая школа, 2009. – 539 с. 5. Мазур М.П. Основи теорії різання матеріалів: підручник [для вищ. навч. закладів] / М.П. Мазур, Ю.М. Внуков, В.Л. Доброскок, В.О. Залога, Ю.К. Новоселов, Ф.Я. Якубов; під заг. ред. М.П. Мазур. – Львів: Новий Світ – 2000, 2010. – 422 с. 6. Бобров В.Ф. Основы теории резания металлов / В.Ф. Бобров. – М.: Машиностроение, 1975. – 344 с. 7. Родин П.Р. Монолитные твердосплавные концевые фрезы / Родин П.Р., Равская Н.С., Касьянов А.И., – К.: Вища школа; Изд-во при Киев. ун-те, 1985. – 64 с. 8. Бесарабей Ю.И. О возможности использования в качестве оценки трибологических свойств СОТС коэффициента трения пары инструментальный-обрабатываемый материалы / Ю.И. Бесарабей, Э.Р. Ваниев, П.В. Скринник // Резание и инструмент в технологических системах: Междунар. науч.-техн. сб. – Харьков: НТУ “ХПИ”, 2012. – Вып. 82. – С. 10–17. 9. Залога В.А. Влияние различных СОТС на адгезионную составляющую коэффициента трения при высоких контактных давлениях / В.А. Залога, О.А. Залога, Э.Р. Ваниев // Вісник СевНТУ серія: машинобудування та транспорт. – 2011. – Вип. 118. – С. 37–40.