

НА ДОМ
НЕ ВЫДАЕТСЯ

На правах рукописи

МИНИСТЕРСТВО
ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ СССР

МОСКОВСКОЕ ОРДЕНА ЛЕНИНА
И ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
ВЫСШЕЕ ТЕХНИЧЕСКОЕ УЧИЛИЩЕ
имени Н. Э. Баумана

Анатолий Петрович МОСКАЛЕВ

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ
СРЕДСТВ ЗАТОЧКИ И ДОВОДКИ
НА ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ СВОЙСТВА
ТВЕРДОСПЛАВНЫХ ФРЕЗ ОСНОВНЫХ ТИПОВ

Специальность 05.03.03 — Обработка материалов
резанием

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Министерство высшего и среднего специального образования СССР

Московское
ордена Ленина и ордена Трудового Красного Знамени
высшее техническое училище имени Н.Э. Баумана

Анатолий Петрович МОСКАЛЕВ

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СРЕДСТВ
ЗАТОЧКИ И ДОВОДКИ НА ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ СВОЙСТВА
ТВЕРДОСПЛАВНЫХ ФРЕЗ ОСНОВНЫХ ТИПОВ

(Специальность 05.03.03 - Обработка материалов резанием)

Диссертация написана на русском языке

А в т о р е ф е р а т
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Москва

1973



Работа выполнена в Московском ордена Ленина и ордена Трудового Красного Знамени высшем техническом училище им. Н.Э. Баумана.

Научный руководитель -
кандидат технических наук, доцент Е.Д. Баклунов.

Официальные оппоненты:

доктор технических наук, профессор А.О. Этин,
кандидат технических наук,
старший научный сотрудник Н.С. Дегтяренко.

Ведущее предприятие - Московский инструментальный завод.

Автореферат разослан " " 1973 г.

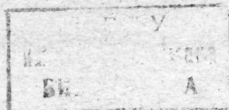
Защита диссертации состоится " " 1973 г.
на заседании Совета факультета "Автоматизация и механизация
производства" Московского высшего технического училища имени
Н.Э. Баумана.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке училища.

Отзыв на автореферат в двух экземплярах, заверенный печатью, просим направлять по адресу: Москва, 107005, 2-я Бауманская ул., 5, МВТУ им. Н.Э. Баумана.

Ученый секретарь Совета
кандидат технических наук, доцент

Ю.А. Степанов



Выполнение задач, поставленных Директивами XXIV съезда КПСС по девятому пятилетнему плану развития народного хозяйства СССР на 1971-1975 годы, должно произойти на базе интенсификации всего производства и повышения его эффективности на основе существенного ускорения научно-технического прогресса.

Одним из резервов повышения производительности труда является создание более качественного режущего инструмента, обладающего высокими эксплуатационными свойствами. Массовое освоение алмазных кругов для заточки и доводки твердосплавного инструмента, обусловленное промышленным производством синтетических алмазов на ряде предприятий СССР, создало предпосылки для изготовления режущего инструмента с высокими режущими свойствами. Однако алмазная заточка и доводка не всегда обеспечивает повышение стойкости режущего инструмента. В некоторых случаях она может быть причиной преждевременного изнашивания или разрушения режущей части. Отсутствие научно обоснованных рекомендаций об эксплуатационных свойствах твердосплавного инструмента, заточенного и доведенного алмазными кругами, прежде всего в условиях прерывистого резания (фрезерования), обуславливающего специфические условия работы, сдерживает дальнейшее увеличение производительности труда.

Диссертационная работа является частью научных исследований, выполняемых по плану работы отраслевой научно-исследовательской лаборатории "Автоматизация производственных процессов в машиностроении" Министерства станкостроительной и инструментальной промышленности СССР на кафедре "Теория механической обработки и инструмента" МВТУ им. Н.Э.Баумана.

Глава I. ИССЛЕДОВАНИЕ СОСТОЯНИЯ ВОПРОСА, ПОСТАНОВКА ЦЕЛИ И ЗАДАЧ ИССЛЕДОВАНИЙ, МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

В первой главе анализируется состояние вопроса о влиянии технологических средств заточки и доводки на эксплуатационные свойства твердосплавного инструмента в условиях прерывистого резания (фрезерования) и ставятся задачи исследований.

Целью настоящей работы является проведение комплексного исследования влияния технологических средств заточки и доводки на режущие свойства твердосплавных фрез при обработке широко используемой в машиностроении углеродистой стали для раскрытия

новых резервов повышения эксплуатационных свойств твердосплавного инструмента и стабильности его работы в условиях производства в том числе на автоматических линиях и станках с программным управлением, получения научно-обоснованных рекомендаций и предложений по повышению стойкости.

Исследования проводились на основных типах фрез - торцовых и дисковых, обеспечивающих различную силовую нагрузку на режущую часть зубьев, оснащенных металлокерамическими твердыми сплавами Т15К6 и ТТ7К12. Для обеспечения стабильности режущих свойств пластинки твердого сплава Т15К6 подвергались лабораторным исследованиям на стабильность физических свойств. Окончательный отбор пластинок производился по режущим свойствам в стойкостных исследованиях.

Обработке подвергалась углеродистая сталь марки 45 по ГОСТ 1050-60 одной плавки (горячекатаный прокат 100x100 мм²) на горизонтально-фрезерном станке мод.6Н82Г в широком диапазоне режимов резания. Геометрические параметры зубьев торцовых и дисковых фрез, оснащенных твердыми сплавами Т15К6 и ТТ7К12, назначались в соответствии с проведенными ранее исследованиями и производственным опытом.

Заточка и доводка зубьев фрез производилась на основании принятых рекомендаций и руководящих материалов. За критерий затупления торцовых фрез Т15К6 и ТТ7К12 был принят максимальный линейный износ по главной задней поверхности $h_1 = 1,0$ мм, для дисковых фрез Т15К6 и ТТ7К12 был принят несколько меньший износ $h_1 = 0,5$ мм.

Исследования износа проводились дифференцировано с учетом периода работы инструмента. С этой целью вся продолжительность эксплуатации инструмента была разбита на два периода: начальный и основной, характеризующиеся различной интенсивностью протекания износа.

Для оценки износостойкости рабочих поверхностей, заточенных и доведенных различными технологическими средствами, была использована величина относительного износа по массе:

$$q = \frac{\Delta M}{L}$$

где ΔM - масса изношенной части зуба фрезы по главной задней поверхности, мг;

L - длина пути резания, м.

Оценка степени влияния алмазной заточки и доводки фрез на стойкость производилась по абсолютному увеличению стойкости:

$$T_y = T_{ac} - T_{кз}$$

и коэффициенту относительного увеличения стойкости

$$K = \frac{T_{ас} - T_{кз}}{T_{кз}} 100\%$$

Глава II. ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ЗАТОЧКИ И ДОВОДКИ НА РЕЗУЛЬТАТЫ СВОЙСТВА ТОРЦОВЫХ ТВЕРДОСПЛАВНЫХ ФРЕЗ

Экспериментальные исследования показали, что при обычном исполнении алмазной заточки и доводки зубья торцовых фрез, оснащенных твердым сплавом Т15К6, почти во всем диапазоне режимов резания подвергаются микровыкрашиваниям, сколам и хрупкому разрушению, так как радиус округления режущих лезвий достигает после алмазной заточки и доводки величины $\rho = 4-6$ мкм и не обеспечивает режущей части зубьев необходимой прочности.

Установлено, что формирование радиуса округления режущих лезвий до величины $\rho = 25-35$ мкм в процессе выполнения алмазной доводки обеспечивает зубьям фрез необходимую прочность в широком диапазоне режимов резания.

Исследования показали, что износостойкость рабочих поверхностей, заточенных и доведенных алмазными кругами, значительно превосходит износостойкость поверхностей, заточенных и доведенных абразивными кругами. В диапазоне экспериментальных режимов резания $q_{кз} > q_{ас}$. Если при скорости резания $V = 278$ м/мин ($S_z = 0,08$ мм) $q_{ас} = 0,9 \cdot 10^{-4}$ мг/м, то $q_{кз} = 1,46 \cdot 10^{-4}$ мг/м для торцовых фрез, оснащенных твердым сплавом Т15К6, что соответствует увеличению износостойкости на 62%.

Установлено, что при увеличении величины припуска под алмазную доводку торцовых фрез, оснащенных твердым сплавом Т15К6, после предварительного затачивания абразивным кругом до $\delta = 0,015$ мм интенсивность износа непрерывно уменьшается и стойкость фрез возрастает.

Эффективность влияния алмазной заточки и доводки торцовых фрез, оснащенных твердым сплавом Т15К6, монотонно возрастает при увеличении скорости резания от 20-23% при $V = 141$ м/мин до 43,5-49,5% при $V = 352$ м/мин ($S_z = 0,08-0,127$ мм, $t = 1,5-3$ мм). В интервале скоростей резания $V = 352-445$ м/мин происходит интенсивное снижение эффективности влияния алмазной заточки и доводки до 0-11,1%.

Для торцовых фрез, оснащенных твердым сплавом ТТ7К12 эффективность алмазной заточки и доводки в интервале скоростей резания $V = 110-278$ м/мин при $S_z = 0,1-0,127$ мм и $t = 1,5$ мм носит экстремальный характер, достигая максимальных значений при $V = 222$ м/мин, и составляет 23% при $S_z = 0,1$ мм и 17,3% при $S_z = 0,127$ мм. При подаче на зуб фрезы $S_z = 0,08$ мм эффективность влияния алмазной заточки и доводки монотонно возрастает при уменьшении скорости резания от 10,5% при $V = 278$ м/мин до 32,4% при $V = 175$ м/мин.

В процессе проведения исследований было установлено, что если абсолютное увеличение стойкости непрерывно возрастает по мере увеличения величины текущего износа (продолжительности эксплуатации), то коэффициент относительного увеличения стойкости в первоначальный момент контакта зубьев фрез с заготовкой ($T = 0,02-0,03$ мин) достигает максимального значения и при увеличении износа резко уменьшается, наиболее интенсивно в интервале $h_1 = 0,04-0,1$ мм, от $K = 3,3 \cdot 10^3 - 75 \cdot 10^3$ при $h_1 = 0,04-0,056$ мм до $K = 30-300$ при $h_1 = 0,1$ мм.

Полученные закономерности изменения величин T_1 и K в зависимости от величины износа по главной задней поверхности свидетельствуют о влиянии исходного качества рабочих элементов (лезвий и поверхностей) режущей части зубьев фрез на износ и стойкость на всем протяжении продолжительности работы фрез до принятого критерия затупления. Однако основное влияние исходного качества рабочих элементов режущей части, полученного после заточки и доводки, на эксплуатационные свойства инструмента проявляется в начальном периоде работы, когда коэффициент относительного увеличения стойкости фрез достигает максимального значения.

В основном периоде работы влияние технологических средств заточки и доводки на характер износа резко уменьшается, что приводит к уменьшению величины коэффициента K при увеличении продолжительности работы. Влияние исходного качества рабочих поверхностей режущей части инструмента в основном периоде работы обуславливается как наследственным характером износа, полученного после начального периода работы, так и влиянием пограничных участков вдоль периметра площадки износа, обуславливающих расхождение кривых максимального линейного износа в основном периоде.

Аппроксимация стойкостных зависимостей $T=f(V)$; $T=f(S_z)$ и $T=f(t)$ для торцовых фрез Т15К6 и ТТ7К12, заточенных и доведенных абразивными и алмазными кругами, в диапазоне экспериментальных режимов резания производилась степенными функциями. Немонотонный характер зависимостей $T=f(V)$ в интервале экспериментальных скоростей резания затрудняет использование для практических целей степенных функций. По этой причине зависимости стойкости от скорости резания были выражены аналитически рядом Фурье:

$$f(x) = T_v = a_0 + a_1 \cos x + a_2 \cos 2x + a_3 \cos 3x + a_4 \cos 4x + a_5 \cos 5x + a_6 \cos 6x + b_1 \sin x + b_2 \sin 2x + b_3 \sin 3x + b_4 \sin 4x + b_5 \sin 5x$$

где a_0 ; a_1 ; a_2 ... a_6 ; b_1 ; b_2 ... b_5 — коэффициенты ряда Фурье, величина которых зависит от условий фрезерования.

На основании обработки результатов экспериментальных данных было получено, что общие зависимости стойкости от скорости резания, подачи и глубины для торцовых фрез, оснащенных твердым сплавом Т15К6, после заточки и доводки абразивными и алмазными кругами в диапазоне режимов резания $V = 175-278$ м/мин, $S_z = 0,08-0,1$ мм и $t = 1,5-3$ мм аппроксимируются степенными функциями:

$$T_{K3} = \frac{2,8 \cdot 10^{10}}{V^{3,61} S_z^{0,76} t^{0,32}}$$

$$T_{AC} = \frac{5,2 \cdot 10^{10}}{V^{3,26} S_z^{0,78} t^{0,34}}$$

Соответственно, зависимости стойкости торцовых фрез, оснащенных твердым сплавом ТТ7К12, от скорости резания и подачи в диапазоне режимов резания $V = 222-278$ м/мин и $S_z = 0,1-0,127$ мм аппроксимируются следующими степенными функциями:

$$T_{K3} = \frac{2,47 \cdot 10^{11}}{V^{4,66} S_z^{1,5}}; \quad T_{AC} = \frac{5,9 \cdot 10^{10}}{V^{4,36} S_z^{1,46}}$$

Численные значения постоянных коэффициентов и показателей степени при параметрах режима резания в полученных формулах зависят от технологических средств заточки и доводки.

Установлено, что эффективность использования алмазных кругов в диапазоне экспериментальных режимов резания для заточки и доводки торцовых фрез Т15К6 и ТТ7К12 должна оцениваться с достаточной для практической деятельности точностью поправочными коэффициентами, учитывающими как наличие функциональной связи между

параметрами режима резания, так и ее зависимость от технологических средств заточки и доводки.

Тогда стойкость торцовых фрез Т15К6, заточенных и доведенных алмазными кругами, определяется в диапазоне $V = 141-352$ м/мин, $S_z = 0,08-0,127$ мм и $t = 1,5-3$ мм по следующей формуле:

$$T_{AC} = \left(1 + \frac{0,1913}{S_z^{0,127}} \frac{V^{0,88}}{t^{0,55}} \right) T_{K3}$$

Соответственно, стойкость торцовых фрез Т17К12 в диапазоне $V = 140-222$ м/мин и $S_z = 0,1-0,127$ мм определяется по следующей формуле:

$$T_{AC} = \left(1 + \frac{7,3 \cdot 10^{-3}}{S_z^{1,75}} \frac{V^{0,75}}{t^{1,75}} \right) T_{K3}$$

Результаты проведенных исследований показали, что наличие зависимости функциональной связи между параметрами режима резания от выбора технологических средств заточки и доводки режущей части инструмента исключает возможность точной оценки эффективности влияния алмазной заточки и доводки на эксплуатационные свойства как в однофакторных, так и в многофакторных стойкостных зависимостях посредством постоянного поправочного коэффициента.

Глава III. ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ЗАТОЧКИ И ДОВОДКИ НА РЕЖУЩИЕ СВОЙСТВА ДИСКОВЫХ ДУХСТОРОННИХ ФРЕЗ

В главе III изложены результаты исследований линейного износа и износа по массе дисковых фрез, оснащенных твердыми сплавами Т15К6 и Т17К12, после заточки и доводки абразивными и алмазными кругами в начальном и основном периодах работы.

Алмазная заточки и доводка обеспечивает существенное увеличение износостойкости во всем диапазоне режимов резания. Так при $S_z = 0,08$ мм в интервале $V = 155-396$ м/мин износостойкость рабочих поверхностей режущей части зубьев дисковых фрез Т15К6 возросла на 6-43,6%.

Как и для торцовых фрез было получено, что при увеличении припуска под алмазную доводку после предварительной абразивной заточки свыше 0,015 мм для твердого сплава Т15К6 и 0,03 мм для твердого сплава Т17К12 стойкость стабилизируется.

Установлено, что эффективность алмазной заточки и доводки дисковых фрез, оснащенных твердым сплавом Т15К6, возрастает при

увеличении скорости резания от 16% при $V = 99$ м/мин ($S_z = 0,16$ мм) до 71,5% при $V = 495$ м/мин ($S_z = 0,1$ мм). Для дисковых фрез, оснащенных твердым сплавом ТТ7К12, эффективность алмазной заточки и доводки при увеличении скорости резания в интервале $V = 19-119$ м/мин уменьшается от 41,2% при $V = 19$ м/мин до 27,8% при $V = 60$ м/мин ($S_z = 0,4$ мм); от 33% при $V = 38$ м/мин до 23,3% при $V = 119$ м/мин ($S_z = 0,2$ мм) и незначительно изменяется 43-45,5% в интервале $V = 75-119$ м/мин при $S_z = 0,1$ мм.

Текущий износ оказывает существенное влияние на эффективность алмазной заточки и доводки дисковых фрез. Закономерности этого влияния соответствуют подобным зависимостям, полученным ранее для торцовых фрез.

Зависимости стойкости дисковых фрез, оснащенных твердыми сплавами Т15К6 и ТТ7К12, после заточки и доводки абразивными и алмазными кругами от параметров режима резания в исследованном диапазоне режимов резания аппроксимируются степенными функциями по аналогии с подобными зависимостями, полученными для торцовых фрез. Адекватная аппроксимация зависимости стойкости от скорости резания в интервале изменения скоростей резания выполнена тригонометрическим рядом Фурье.

Общие зависимости стойкости дисковых фрез Т15К6, заточенных и доведенных абразивными и алмазными кругами, от параметров режима резания в диапазоне $V = 155-495$ м/мин, $S_z = 0,1-0,16$ мм и $t = 6-24$ мм аппроксимируются степенными функциями:

$$T_{K3} = \frac{2,32 \cdot 10^8}{V^{2,27} S_z^{0,053} t^{0,28}}$$

$$T_{Ac} = \frac{7,64 \cdot 10^7}{V^{2,03} S_z^{0,07} t^{0,25}}$$

Соответственно, общие зависимости стойкости дисковых фрез ТТ7К12 от параметров режима резания в диапазоне $V = 60-119$ м/мин и $S_z = 0,1-0,2$ мм аппроксимируются степенными функциями:

$$T_{K3} = 173 \frac{S_z^{0,19}}{V^{0,27}} ; \quad T_{Ac} = 185 \frac{S_z^{0,03}}{V^{0,29}}$$

В результате обработки экспериментальных данных было установлено, что эффективность влияния алмазной заточки и доводки должна оцениваться по аналогии с торцовыми фрезами поправочными коэффициентами, учитывающими как наличие функциональной связи между параметрами режима резания, так и ее зависимость от технологических средств заточки и доводки. Тогда стойкость дисковых

фрез, оснащенных твердым сплавом Т15К6, после алмазной заточки и доводки в диапазоне режимов резания $V = 99-495$ м/мин, $S_z = 0,08-0,2$ мм и $t = 6-24$ мм определяется по следующей формуле:

$$T_{Ac} = \left(1 + \frac{0,09 \cdot V^{0,94} \cdot t^{0,12}}{S_z^{0,2}} \right) T_{K3}$$

Стойкость дисковых фрез, оснащенных твердым сплавом ТТ7К12, после алмазной заточки и доводки в диапазоне режимов резания $V = 60-119$ м/мин, $S_z = 0,1-0,2$ мм при $t = 6$ мм определяется по формуле:

$$T_{Ac} = \left(1 + \frac{19}{V^{0,19} \cdot S_z^{0,73}} \right) T_{K3}$$

Проведенными исследованиями было установлено, что основные закономерности влияния алмазной заточки и доводки на эксплуатационные свойства дисковых фрез соответствуют подобным закономерностям, полученным для торцовых фрез.

Глава IV. ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ЗАТОЧКИ И ДОВОДКИ НА ПОКАЗАТЕЛИ КАЧЕСТВА РАБОЧИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ РЕЖУЩЕЙ ЧАСТИ ЗУБЬЕВ ТВЕРДОСПЛАВНЫХ ФРЕЗ

Для раскрытия механизма влияния технологических средств заточки и доводки на эксплуатационные свойства торцовых и дисковых фрез было проведено исследование качественного состояния рабочих элементов режущей части зубьев фрез, заточенных и доведенных различными технологическими средствами.

Использование для заточки и доводки твердосплавного инструмента алмазных кругов оказывает существенное влияние на все показатели качества рабочих элементов режущей части зубьев фрез, оценка которых производилась по шероховатости рабочих поверхностей, по величине радиуса округления режущих лезвий, по шероховатости режущих лезвий и по состоянию поверхностного слоя (микрорельефу, остаточным напряжениям, вырывам, степени дисперсности карбидных зерен, глубине дефектного слоя).

Радиус округления режущих лезвий определялся методом светового сечения с использованием двойного микроскопа МКС-II по следующей формуле:

$$\rho = \frac{K}{\cos [\text{Arctg}(\sqrt{2} \cdot \text{tg} \frac{\theta'}{2})]}$$

где K — расстояние от центральной оси симметрии режущего клина до точки сопряжения прямой с овалом;

β' - угол клина на пленке (экране) в световом сечении под углом 45° .

Алмазная заточка и доводка позволяет на один-два класса уменьшить шероховатость рабочих поверхностей, на один-два класса уменьшить шероховатость режущих лезвий и снизить величину радиуса округления от 25-45 мкм до 4-8 мкм.

Результаты рентгенографических исследований поверхностных слоев, проведенные на рентгеновских установках УРС-60 и УРС-50 ИМ, показали, что алмазная заточка и доводка рабочих поверхностей зубьев твердосплавных фрез Т15К6 и ТТ7К12 обуславливает значительное уменьшение как остаточных напряжений II-го рода, так и степени дисперсности карбидных частиц по сравнению с заточкой и доводкой, выполняемой абразивными кругами.

Электронномикроскопические исследования, проведенные на электронном микроскопе УЭМБ-100, показали, что наиболее качественные поверхности твердых сплавов образуются в процессе алмазной заточки и доводки. Поверхности имеют четко выраженные следы микрорезания отдельными алмазными зернами. Структура поверхностного слоя характеризуется однородным микро рельефом с равномерным распределением впадин и выступов.

В процессе как заточки, так и доводки, выполняемых абразивными кругами, на поверхности твердого сплава возникают значительные повреждения (разрушенные карбидные зерна, вырывы, оплавление кобальтовой связки), возникающие вследствие неблагоприятных условий резания (высокой температуры и больших сил резания).

Глава У. ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ЗАТОЧКИ И ДОВОДКИ ТВЕРДОСПЛАВНЫХ ФРЕЗ НА ФИЗИЧЕСКИЕ ЯВЛЕНИЯ, СОПРОВОЖДАЮЩИЕ ПРОЦЕСС РЕЗАНИЯ

С целью выявления физических основ повышения износостойкости инструмента, заточенного и доведенного алмазными кругами, были проведены исследования пластической деформации срезаемого металла и температуры резания в зависимости от технологических средств заточки и доводки. Оценка степени пластической деформации производилась по коэффициенту продольной усадки стружки, определяемому весовым методом в начальном периоде работы.

Установлено, что при торцовом и дисковом фрезеровании алмазная заточка и доводка обеспечивает существенное уменьшение степени пластической деформации срезаемого объема металла на 1,74-17% по сравнению с заточкой и доводкой фрез, выполняемой абразивными кругами.

Эффективность влияния алмазной заточки и доводки торцовых и дисковых фрез, оснащенных твердым сплавом Т15К6, на уменьшение степени пластической деформации срезаемого металла возрастает при увеличении скорости резания и уменьшается при увеличении подачи. В основном периоде работы при равной величине текущего износа степень пластической деформации срезаемого металла практически не зависит от технологических средств заточки и доводки.

Определение температуры в зоне резания производилось методом естественной термопары в начальном периоде работы, через $\tau = 0,1-3$ мин после начала резания.

Проведенными исследованиями было установлено, что температура резания при работе фрезами, заточенными и доведенными абразивными кругами, превышает на $3-60^{\circ}\text{C}$ температуру, возникающую при работе фрезами, заточенными и доведенными алмазными кругами.

Эффективность влияния алмазной заточки и доводки на уменьшение температуры при фрезеровании торцовыми и дисковыми фрезами, оснащенными твердым сплавом Т15К6, возрастает при увеличении скорости резания и несколько уменьшается при увеличении подачи и глубины. Для фрез, оснащенных твердым сплавом ТТ7К12, установлено существенное уменьшение эффективности влияния алмазной заточки и доводки на снижение температуры как при увеличении скорости резания, так и подачи.

В результате обработки экспериментальных данных зависимости температуры от параметров режима резания для торцовых фрез Т15К6, заточенных и доведенных различными технологическими средствами, аппроксимируются следующими степенными функциями:

$$\begin{aligned} \theta_{\text{кз}} &= 205,4 \quad V^{0,3} \quad S_z^{0,12} \quad t^{0,027} \\ \theta_{\text{дс}} &= 234,5 \quad V^{0,28} \quad S_z^{0,146} \quad t^{0,027} \end{aligned}$$

Соответственно, для дисковых фрез, оснащенных твердым сплавом Т15К6:

$$\begin{aligned} \theta_{\text{кз}} &= 118 \quad V^{0,375} \quad S_z^{0,095} \\ \theta_{\text{дс}} &= 136 \quad V^{0,355} \quad S_z^{0,125} \end{aligned}$$

Подобным образом проведена аппроксимация температурных зависимостей для торцовых и дисковых фрез ТТ7К12, заточенных и доведенных различными технологическими средствами.

Установлено, что наиболее интенсивное влияние на температуру исходное качество рабочих элементов режущей части зубьев фрез оказывает в начальном периоде работы, когда различие в тем-

температуре резания достигает максимального значения: 6-60°C для торцовых и дисковых фрез, оснащенных твердым сплавом ТТ5К6 и 3-39°C для торцовых и дисковых фрез, оснащенных твердым сплавом ТТ7К12.

В дальнейшем, по мере увеличения продолжительности эксплуатации фрез, абсолютная разница в температуре резания уменьшается и зависит преимущественно от величины текущего износа. При одинаковой величине линейного износа рабочих поверхностей зубьев фрез, заточенных и доведенных абразивными и алмазными кругами, в основном периоде работы в зоне резания практически устанавливается одинаковая температура.

Глава VI. ИССЛЕДОВАНИЕ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОТ ВНЕДРЕНИЯ АЛМАЗНОЙ ЗАТОЧКИ И ДОВОДКИ ОСНОВНЫХ ТИПОВ ТВЕРДОСПЛАВНЫХ ФРЕЗ

В главе VI приведен расчет экономической эффективности от внедрения алмазной заточки и доводки торцовых и дисковых фрез, оснащенных твердым сплавом ТТ5К6, выполненный по двум вариантам: по первому варианту (при неизменных режимах резания) экономия обеспечивается за счет уменьшения расхода твердосплавных фрез, вследствие увеличения срока их службы, уменьшения затрат на переточки и некоторого повышения производительности труда; по второму варианту (при неизменной стойкости) экономия обеспечивается за счет повышения производительности труда по машинному времени вследствие повышения режимов резания, за счет уменьшения расхода инструмента и за счет снижения затрат на переточки.

Оценка экономической эффективности, получаемая от внедрения алмазной заточки и доводки, производилась по суммарному экономическому эффекту в руб. за один год на одном рабочем месте.

Установлено, что алмазная заточка и доводка твердосплавных фрез обеспечивает получение значительного экономического эффекта по сравнению с абразивной заточкой и доводкой во всем диапазоне режимов резания. Например, при подаче $S_z = 0,1$ мм в интервале скоростей резания $V = 141-175$ м/мин экономический эффект от внедрения алмазной заточки и доводки на одной торцовой фрезе, оснащенной твердым сплавом ТТ5К6, составил от повышения стойкости 63,1-111,8 руб. и от повышения скорости резания 605-770 руб. Экономический эффект, получаемый от повышения производительности труда при работе с повышенной скоростью резания, при дисковом фрезеровании увеличился от 586 руб. при $V = 155$ м/мин до

2982 руб. при $V = 495$ м/мин ($S_z = 0,1$ мм), а от повышения стойкости при работе с неизменными режимами резания увеличился от 55,6 руб. при $V = 155$ м/мин до 1172 руб. при $V = 495$ м/мин.

Анализ показателей техники-экономической эффективности от внедрения алмазной заточки и доводки показывает, что экономия, получаемая за счет повышения производительности труда вследствие повышения режимов резания, значительно превосходит экономию, получаемую от увеличения стойкости при работе с постоянными режимами резания.

ОБЩИЕ ВЫВОДЫ

1. На основе разработанной методики дифференцированного исследования линейного износа и износа по массе с учетом периода работы инструмента, исследования стойкостных зависимостей, износостойкости рабочих поверхностей, заточенных и доведенных различными технологическими средствами, пластической деформации срезаемого металла и температуры резания удалось установить влияние технологических средств заточки и доводки на эксплуатационные свойства твердосплавных фрез и выработать научно обоснованные рекомендации по использованию алмазной заточки и доводки твердосплавного инструмента в условиях прерывистого резания. Результаты исследований раскрывают дополнительные резервы повышения эксплуатационных свойств твердосплавных фрез и обеспечивают получение высоких и стабильных режущих свойств в широком диапазоне режимов резания.

2. Установлено, что протекание износа контактных поверхностей режущей части зубьев твердосплавных фрез в начальном периоде работы определяется качеством поверхностного слоя режущей части, получаемого в процессе проведения заточки и доводки. В основном периоде работы протекание износа контактных площадок режущей части зубьев фрез определяется суммарным влиянием как физико-механических свойств твердого сплава в исходном состоянии, так и качеством поверхностного слоя рабочих поверхностей режущей части зубьев, сформированного в процессе заточки и доводки.

3. Малая величина радиуса округления режущих лезвий $R = 4-6$ мкм, получаемая в процессе проведения заточки и доводки алмазными кругами, является источником микровыкрашиваний и сколов режущей части зубьев торковых фрез, оснащенных твердым сплавом Т15К6, в диапазоне режимов резания $V = 141-445$ м/мин при $S_z > 0,08$ мм и $t = 1,5-3$ мм, а также при $V > 352$ м/мин, $S_z = 0,08$ мм и $t = 1,5$ мм. Для обеспечения протекания износа истиранием

необходимо в процессе алмазной доводки обеспечить формирование режущих лезвий зубьев торцовых фрез Т15К6 с оптимальной величиной радиуса округления, которая определяется напряженным состоянием режущей части, возникающим в процессе резания.

4. Установлено, что при увеличении припуска под алмазную доводку после абразивного затачивания свыше 0,015 мм для фрез, оснащенных твердым сплавом Т15К6, и 0,03 мм для фрез, оснащенных твердым сплавом Т17К12, стойкость остается неизменной.

5. Установлено, что эффективность влияния алмазной заточки и доводки, оцениваемая в абсолютных и относительных единицах, зависит от температурных условий, напряженного состояния режущей части инструмента и физико-механических свойств инструментального материала.

6. Установлено, что эффективность влияния алмазной заточки и доводки торцовых фрез, оснащенных твердым сплавом Т15К6, возрастает при увеличении скорости резания в интервале $V = 141-352$ м/мин от 20-23% при $V = 141$ м/мин до 43,5-49,5% при $V = 352$ м/мин ($S_z = 0,08-0,127$ мм). Дальнейшее увеличение скорости резания от 352 м/мин до 445 м/мин обуславливает резкое снижение эффективности алмазной заточки и доводки до 0-11,1% при $V = 445$ м/мин ($S_z = 0,08-0,127$ мм).

7. Эффективность влияния алмазной заточки и доводки на стойкость дисковых фрез, оснащенных твердым сплавом Т15К6, монотонно возрастает при увеличении скорости резания в интервале $V = 99-495$ м/мин от 16% при $V = 99$ м/мин ($S_z = 0,16$ мм) до 71,5% при $V = 495$ м/мин ($S_z = 0,1$ мм).

8. Эффективность влияния алмазной заточки и доводки торцовых фрез, оснащенных твердым сплавом Т17К12, в диапазоне режимов резания $V = 110-278$ м/мин при $S_z = 0,1-0,127$ мм и $f = 1,5$ мм носит экстремальный характер с максимумом при $V = 222$ м/мин. При $S_z = 0,08$ мм эффективность влияния алмазной заточки и доводки монотонно возрастает при уменьшении скорости резания от 10,5% при $V = 278$ м/мин до 32,4% при $V = 175$ м/мин.

9. Эффективность влияния алмазной заточки и доводки дисковых фрез, оснащенных твердым сплавом Т17К12, при увеличении скорости резания в интервале $V = 19-119$ м/мин уменьшается от 41,2% при $V = 19$ м/мин ($S_z = 0,4$ мм) до 27,8% при $V = 60$ м/мин, от 33% при $V = 38$ м/мин до 23,3% при $V = 119$ м/мин ($S_z = 0,2$ мм) и несколько стабилизируется $K = 43-45,5\%$ в интервале $V = 75-119$ м/мин при $S_z = 0,1$ мм.

10. Использование для затачивания и доводки твердосплавных фрез алмазных кругов обеспечивает получение более качественного состояния рабочих элементов режущей части зубьев фрез.

11. Установлено, что глубина дефектного слоя, образующаяся после предварительной заточки абразивным кругом, на 15 мкм для твердого сплава Т15К6 и на 30 мкм для твердого сплава ТТ7К12 превышает дефектный слой, образующийся после алмазной доводки.

12. Алмазная заточка и доводка фрез, оснащенных твердым сплавом Т15К6, обеспечивает уменьшение на 1,74-1,7% степени пластической деформации срезаемого объема металла и уменьшение на 0,58-7,25% температуры резания в начальном периоде работы.

13. На основе проведенных экспериментальных исследований установлены зависимости стойкости в общем виде от параметров режима резания для торцовых и дисковых фрез, оснащенных твердыми сплавами Т15К6 и ТТ7К12, при обработке углеродистой качественной конструкционной стали марки 45.

14. Установлено, что оценка эффективности влияния алмазной заточки и доводки, а следовательно и исходного качества рабочих элементов режущей части зубьев фрез должна производиться поправочными коэффициентами, учитывающими как наличие функциональной связи между параметрами режима резания, так и ее зависимость от технологических средств заточки и доводки.

15. Экономические исследования по результатам экспериментальных данных показали, что наибольшая экономическая эффективность от внедрения алмазной заточки и доводки твердосплавных торцовых и дисковых фрез обеспечивается в условиях производства от повышения производительности труда при работе фрез с большей скоростью резания при принятой величине стойкости.

По теме диссертации опубликованы следующие работы:

1. Е.Д.Баклунов и А.П.Москалев. Влияние методов заточки и доводки на режущие свойства дисковой фрезы из твердого сплава ТТ7К12. Труды Николаевского кораблестроительного института, выпуск 43, часть II, Николаев, 1971.

2. Е.Д.Баклунов, А.П.Москалев. Влияние технологических средств заточки и доводки на эксплуатационные свойства торцовых твердосплавных фрез. "Металлорежущий и контрольно-измерительный инструмент". Науч.техн.рефер.сб. НИИМАШ, 1972, № 6.

3. Е.Д.Баклунов и А.П.Москалев. Влияние технологических средств заточки и доводки на износ торцовых фрез. "Вестник машиностроения", 1972, № 10.

Подписано к печати 22.3. 79 г. БЛ 20163

Зак. 148.

Объем 1,1 П.л.

Тираж 150.

Николаевский ордена Трудового Красного Знамени
кораблестроительный институт

