

М249494

НА ДОМ
НЕ ВЫДАЕТСЯ

Министерство высшего и среднего специального образования СССР

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

КАЛЬЧИНОВ Болот Асанкулович

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ НЕКОТОРЫХ ФАКТОРОВ
НА РЕЖУЩИЕ СВОЙСТВА КОНЦЕВЫХ ФРЕЗ

(05.03.03 — Обработка материалов резанием)

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Работа выполнена в МВТУ им. Н. Э. Баумана.

Научный руководитель —

кандидат технических наук, доцент Баклунов Е. Д.

Официальные оппоненты:

доктор технических наук, профессор Юдин Д. Л.,

кандидат технических наук, доцент Добронович К. В.

Ведущее предприятие — Московский инструментальный завод (МИЗ).

Автореферат разослан « » 197 г.

Защита диссертации состоится « » 197 г.

на заседании Совета факультета «Автоматизация и механизация производства» Московского ордена Ленина и ордена Трудового Красного Знамени высшего технического училища им. Н. Э. Баумана по адресу: Москва, Ленинградская ул., дом 5.

Ваши отзывы в 2 экземплярах просим выслать по указанному адресу.

С диссертацией ознакомлены члены диссертационного совета на правах отзыва.

Ученый секретарь
канд. техн. наук,

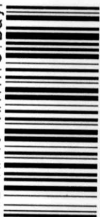
М249494

Актуальность проблемы. Одной из важнейших задач девятой пятилетки является увеличение объема производства в области машиностроения и металлообработки в 1,7 раза. Выполнение этой задачи должно произойти в основном за счет повышения эффективности производства на базе его интенсификации и ускорения научно-технического прогресса. Существенным фактором, оказывающим влияние на повышение производительности труда в машиностроении, является создание и использование более качественного режущего инструмента, обладающего высокими и стабильными режущими свойствами. Повышение качества режущего инструмента связано как с использованием новых инструментальных материалов, так и с применением прогрессивных технологических средств и методов его изготовления. Появление новых марок быстрорежущих сталей, а также освоение выпуска эльборовых шлифовальных кругов для заточки и доводки инструмента из быстрорежущих сталей создало предпосылки для изготовления инструмента с высокими режущими свойствами. Однако не всегда материалы, обеспечивающие высокие эксплуатационные свойства инструмента в одних условиях, являются рациональными при других условиях резания. Отсутствие научно обоснованных рекомендаций по рациональному использованию фрез, изготовленных из быстрорежущих сталей с различным химическим составом, шлифованных и заточенных кругами из эльбора сдерживает дальнейшее увеличение производительности труда при фрезеровании, являющимися одним из наиболее широко распространенных методов обработки материалов резанием. Результаты этого исследования, направленные на повышение стойкости фрез, являются весьма актуальными, особенно, в условиях современного автоматизированного производства.

Цель исследования. Целью настоящей работы является повышение режущих свойств концевых фрез из быстрорежущих сталей, применяемых для обработки углеродистой стали марки 45.

Методы исследования. Для установления влияния основных факторов, оказывающих влияние на режущие свойства фрез, применен метод сравнительных стойкостных исследований концевых фрез из различных марок быстрорежущих сталей, шлифованных и заточенных кругами из эльбора и электрокорунда. При этом экспериментально исследовалось также качество рабочих элементов

НТБ МГТУ им. Н.Э. Баумана



1249494

Капличев Б.А. Исследован

и температурное состояние контактных поверхностей режущей части зубьев фрезы.

Научная новизна. Основные зависимости, характеризующие режущие свойства инструмента, получены не только экспериментально, но и описаны аналитически. Разработанная методика теоретического описания экспериментальных зависимостей позволяет установить функциональную связь между стойкостью фрез, материалом их режущей части, параметрами режима резания и применяемыми технологическими предствами заточки и доводки. Использование примененных аппроксимирующих функций позволяет прогнозировать изменение стойкости фрез в широком интервале варьирования скорости резания и подачи.

Исследование режущих свойств фрез, изготовленных из различных быстрорежущих сталей, шлифованных и заточенных кругами из эльбора и электрокорунда с учетом периода работы, оценка стойкости фрез как в абсолютных, так и относительных единицах не только по достижении максимально допустимой величины износа, но также в зависимости от степени затупления, в связи с качеством рабочих элементов и температурным состоянием контактных поверхностей позволяет раскрыть механизм влияния марки быстрорежущей стали и технологических средств заточки и доводки на режущие свойства концевых фрез.

Практическая ценность. В результате проведенных исследований разработаны рекомендации по повышению режущих свойств концевых фрез из быстрорежущих сталей, используемых для обработки углеродистых конструкционных сталей.

Данная диссертационная работа является частью исследований, проводимых по плану 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.

Апробация работы. По основным разделам работы сделано два доклада на научных семинарах кафедры АМ-2 МВТУ им.Баумана в течение 1972-1974 гг., доклады на VI научно-технической конференции КБГУ, Нальчик, 1972 и XX юбилейной республиканской научно-технической конференции ФПИ, Фрунзе, 1974 г.

Объем работы. Диссертационная работа изложена на 175 страницах машинописного текста, включающих в себя введение, пять глав, выводы по каждой главе и общие выводы по работе. Содержит

ФУНДАМЕНТАЛЬНАЯ

М В Т У
ИМ. Н. Э. Баумана
БИБЛИОТЕКА

31 таблицу и 54 рисунка, сопровождается списком литературы из 86 наименований.

В первой главе анализируется влияние химического состава быстрорежущих сталей и технологических средств заточки и доводки на режущие свойства инструмента и ставится цель и задача исследования, определяется методика проведения экспериментальных исследований.

В соответствии с целью исследования были поставлены следующие задачи:

1. Исследование режущих свойств концевых фрез из быстрорежущих сталей, регламентированных ГОСТом, в широком диапазоне параметров режима резания.

2. Исследование влияния технологических средств окончательного формирования рабочих поверхностей режущей части фрезы на стойкость концевых фрез из различных марок быстрорежущих сталей.

3. Исследование влияния технологических средств заточки и доводки концевых фрез из различных марок быстрорежущих сталей на качество рабочих элементов режущей части фрезы и тепловую напряженность процесса резания.

4. Разработка научно обоснованных рекомендаций по применению быстрорежущих сталей и шлифовальных кругов из эльбора, обеспечивающих повышение режущих свойств концевых фрез.

Экспериментальные исследования по определению влияния марки быстрорежущей стали и технологических средств заточки и доводки на режущие свойства инструмента проводились на наиболее распространенных видах фрез - концевых фрезях. Фрезы четырехзубые, диаметром 30 мм с коническим хвостовиком (ГОСТ-17026-71). Режущая часть фрез изготовлена из быстрорежущих сталей марок: P18; P12; P6M3; P6M5; P18K5Ф2; P9K5; P10K5Ф5; P14Ф4. Геометрические параметры режущей части фрезы, а также характеристики электрокорундовых и эльборовых кругов и режимы шлифования и затачивания назначались согласно существующим литературным и производственным данным. Экспериментальные фрезы изготовлены на Московском инструментальном заводе "МИЗ".

Перед проведением исследований экспериментальные фрезы подвергались контролю на точность размеров, геометрических параметров режущей части и стабильность физических свойств.

Исследования проводились на вертикально-фрезерном станке при встречном фрезеровании уступа шириной $B = 15$ мм и глубиной $t = 3$ мм в углеродистой стали 45 в широком диапазоне изменения скорости резания ($V = 14...80$ м/мин) и подачи ($S_z = 0,06...0,17$ мм) охватывающем всевозможные условия работы фрез на производстве. За критерий затупления принималась величина фаски износа зубьев по главной задней поверхности $h_s = 0,3$ мм.

Для исключения влияния неоднородности структуры и твердости, с целью получения достоверных данных, все сравнительные эксперименты по определению влияния легирующих элементов быстрорежущих сталей и технологических средств заточки и доводки на режущие свойства концевых фрез проводились на одних и тех же фрезах.

Оценку режущих свойств концевых фрез (при принятом критерии затупления), изготовленных из различных марок быстрорежущих сталей производили путем сопоставления с режущими свойствами фрез из стали P18 как наиболее полно и всесторонне изученными. При этом концевые фрезы, изготовленные из восьми различных марок быстрорежущих сталей были разбиты на 3 группы по входящим в них основным легирующим элементам:

1. Группа марок быстрорежущих сталей, основными составляющими элементами которых являются вольфрам и заменяющий его молибден (P12, P6M3, P6M5).

2. Группа марок быстрорежущих сталей с повышенным содержанием кобальта (P18K5Ф2, P9K5).

3. Группа марок быстрорежущих сталей с повышенным содержанием ванадия (P10K5Ф5, P14V4).

Показателями оценки режущих свойств являлись:

1) увеличение стойкости

$$\Delta T = T_x - T_{P18} \quad \text{мин}$$

2) коэффициент относительной стойкости

$$K_T = T_x / T_{P18}$$

где T_x и T_{P18} - соответственно, стойкость фрез из исследуемой марки стали и фрез из P18.

По аналогичным показателям производилась оценка влияния технологических средств шлифования и заточивания на режущие свойства фрез. Отличие заключается лишь в том, что за базовую принималась стойкость фрез, шлифованных и заточенных кру-

гами из электрокорунда, т.е.

$$\Delta T = T_A - T_{2SA}; \quad K_T = T_A / T_{2SA}$$

где T_A и T_{2SA} - соответственно, стойкость фрез, шлифованных и заточенных кругами из эльбора и электрокорунда.

Однако оценка режущих свойств фрез, изготовленных из различных быстрорежущих сталей и заточенных кругами из электрокорунда и эльбора только по достижении максимально допустимой величины износа ($h_z = 0,3$ мм), недостаточна для выявления влияния химического состава материала режущей части и средств ее окончательного формирования, так как не позволяет оценить влияние качества поверхностного слоя рабочих граней. Поэтому в целях более полного определения влияния материала режущей части и средств ее затачивания на стойкость фрез, оценку режущих свойств производили по тем же показателям и при текущем значении величины износа h_{z1} .

Во второй главе изложены результаты исследования режущих свойств концевых фрез из различных марок быстрорежущих сталей.

Установлено, что зависимость стойкости фрез от скорости резания при всех значениях подачи на зуб имеет вид монотонно убывающих кривых. Анализ зависимостей стойкость - скорость фрез, изготовленных из различных марок быстрорежущих сталей, показывает, что наблюдается пересечение кривых в исследованном интервале скорости резания, т.е. кривые $T = f(V)$ для фрез с различным химическим составом не являются эквидистантными. Кроме этого, с изменением величины подачи на зуб меняются соотношения стойкости фрез из исследованных быстрорежущих сталей. Такой характер зависимости стойкость - скорость для фрез, изготовленных из быстрорежущих сталей с различным химическим составом, указывает на то, что изменение режущих свойств фрез в зависимости от материала режущей части нельзя отразить введением постоянного поправочного коэффициента относительно марки, принятой за эталонную (Р18).

Математическая обработка результатов экспериментальных исследований показывает, что аппроксимация зависимостей $T = f(V)$ общепринятыми степенными функциями типа: $V = C_{фз} T^{1/n}$ позволяет оценить влияние химического состава быстрорежущей стали на стойкость фрез, так как они недостаточно точно описывают зависимость $T = f(V)$ в широком интервале скорости резания. В связи с этим, в целях более точного описания зависимостей

$T = f(V)$ для фрез из исследованных быстрорежущих сталей, аппроксимация их была произведена показательной функцией типа:

$$T = C_v \cdot v^b \cdot e^{c \cdot v} \quad \text{мин} \quad (1)$$

предложенной д.т.н., профессором Г.И. Грановским, позволяющей более точно описывать данные зависимости и прогнозировать стойкость фрез в широком интервале изменения скорости резания, где C_v - коэффициент, учитывающий факторы, которые были приняты постоянными при проведении эксперимента;

V - скорость резания, м/мин;

e - основание натурального логарифма.

Значения коэффициентов C_v , b и c зависимостей $T = f(V)$ были вычислены на быстродействующей электронно-вычислительной машине мод. БЭСМ-3М.

В качестве примера в таблице I представлены числовые значения коэффициентов C_v , b и c при подаче на зуб $S_z = 0,06$ мм.

Таблица I.

Материал фрезы	C_v	b	c
PI8	9812	-1,28	-0,0006
PI2	23200	-1,55	-0,006
P6M3	12603	-1,54	0,00256
P6M5	430000	-3,10	0,054
PI8K5Ф2	17800	-1,50	-0,001
P9K5	17088	-1,44	-0,0074
PIOK5Ф5	18800	-1,50	-0,0025
PI4Ф4	15300	-1,45	-0,008

Исследования показали, что более полно режущие свойства фрез выявляются при проведении исследований изменения стойкости в зависимости от величины подачи в широком интервале скорости резания. Установлено, что зависимость $T = f(S_z)$ в широком интервале скорости резания имеет немонотонный характер. Поэтому зависимости $T = f(S_z)$ были аппроксимированы функциями типа:

$$T = C_s \cdot S_z^k \cdot e^{n \cdot S_z} \quad \text{мин} \quad (2)$$

Математическая обработка экспериментальных данных показала, что увеличение стойкости фрез из исследованных быстрорежущих сталей, что увеличение стойкости фрез из исследованных быстрорежущих сталей,

цех сталей имеет вид:

$$\Delta T_x = T_{p18} (C_v \cdot v^{\delta_v} \cdot e^{C_v \cdot v}) \quad \text{мин} \quad (3),$$

а стойкость фрез выражается формулой

$$T_x = T_{p18} \cdot C_v \cdot v^{\delta_v} \cdot e^{C_v \cdot v} \quad \text{мин} \quad (4)$$

Числовые значения коэффициентов C_v , δ_v и C , вычислены на БЭСМ-3М.

Таблица 2

№ пп	Допустимая величина износа h_z , мм	Параметры режима резания		Материал фрезы
		Скорость резания, V , м/мин	Подача на зуб S_z , мм	
I	до 0,15	до I4	0,06	P18K5Ф2
2		св 4I до 80		P10K5Ф5
3		до 80	0,09	P9K5
4		до I4	0,17	P9K5
5		св I4 до 80		P18K5Ф2
6	св 0,15	до I4 и св 4I до 80	0,06	P10K5Ф5
7		св I4 до 4I	0,09	P12
8	до 0,20	до I4		P10K5Ф5
9		св I4 до 80		P9K5
10		до 80	0,17	P18K5Ф2
II	св 0,2	до 4I	0,06	P12
12		св 4I до 80		P10K5Ф5
13	до 0,3	до 80	0,09	P9K5
14		до 80	0,17	P18K5Ф2

Установлено, что режущие свойства фрез меняются не только в зависимости от параметров режима резания, но также и в зависимости от допустимой величины износа. В таблице 2 приведены марки быстрорежущих сталей, показавших наибольшие значения стойкости как в зависимости от параметров режима резания (при достижении критерия затупления $h_z = 0,3$ мм), так и допустимой величины износа.

В третьей главе приведены результаты исследований стойкости концевых фрез, шлифованных и заточенных кругами из эльбора.

Установлено, что шлифование и затачивание фрез из различных быстрорежущих сталей кругами из эльбора способствует повышению их стойкости. Однако, необходимо отметить, что степень влияния эльборовых шлифовальных кругов на стойкость фрез непостоянна, а зависит как от химического состава материала режущей части и параметров режима резания, так и величины износа. Так, например, при подаче на зуб $S_z = 0,06$ мм в интервале скоростей резания 14...27 м/мин наибольшая относительная стойкость наблюдается у фрез из Р6МЗ ($K_T = 1,4$), а в интервале 27...67 м/мин - у фрез из Р14Ф4 ($K_T = 1,35$), и при скоростях резания свыше 67 м/мин - у фрез, изготовленных из быстрорежущей стали марки Р9К5 ($K_T = 1,87$).

Проведенные исследования показали, что применение эльборовых шлифовальных кругов при заточке фрез оказывает наиболее существенное влияние на интенсивность и конечную величину износа в начальном периоде работы. При этом наибольшая относительная стойкость в начальном периоде работы наблюдается у фрез, обладающих пониженной шлифуемостью: Р10К5Ф5; Р14Ф4 и Р10К5Ф2. Так, если коэффициент относительной стойкости фрез из Р12 уменьшается от 4,21 до 1,4 при увеличении величины износа фрезы от 0,1 до 0,15 мм при скорости резания $V = 14,3$ м/мин, то при этих же условиях коэффициент относительной стойкости фрез из Р10К5Ф5 падает от 7 до 1,75.

Обработка результатов экспериментальных данных на вычислительной машине БЭСМ-3М позволяла выразить аналитическую связь между увеличением стойкости от применения эльборового заточки и скоростью резания в виде

$$\Delta T_x = T_{25A} (C_{V_2} \cdot V^{b_2} \cdot e^{C_2 \cdot V} - 1) \quad \text{мин} \quad (5)$$

Выражение для стойкости фрез, заточенных кругами из эльбора, имеет вид:

$$T_{Ax} = T_{25A} \cdot C_{V_2} \cdot V^{b_2} \cdot e^{C_2 \cdot V} \quad \text{мин} \quad (6)$$

Зависимость (6) учитывает функциональную связь между стойкостью инструмента, скоростью резания и применяемыми тех-

нологическими средствами заточки.

Числовые значения коэффициентов C_{V_2} , δ_2 и C_2 при $S_2 = 0,06$ мм, вычисленные на БЭСМ-3М, представлены в таблице 3.

Таблица 3.

Материал фрезы	C_{V_2}	δ_2	C_2
PI8	1,02	0,04	-0,0028
PI2	0,975	0,06	-0,0005
P6M3	1,30	0,04	-0,0045
P6M5	0,75	-0,12	0,0067
PIK542	1,37	-0,03	-0,005
P9K5	0,55	0,38	0,0156
PIOK545	1,23	-0,04	0,0027
PI4T4	1,15	+0,022	-0,0003

В главе IV изложены результаты исследования влияния технологических средств заточки на качество рабочих поверхностей и тепловую напряженность процесса резания фрезами из различных марок быстрорежущих сталей. Данные исследования позволяют раскрыть механизм влияния марки быстрорежущей стали и технологических средств окончательного формирования рабочей части на режущие свойства концевых фрез.

Установлено, что использование эльборовых шлифовальных кругов при заточке фрез способствует уменьшению шероховатости обработанных поверхностей в среднем на один класс (с $\nabla 8$ на $\nabla 9$). Исследование влияния различных технологических средств заточки на величину радиуса округления режущих лезвий фрез из различных марок быстрорежущих сталей осуществлялось с использованием профилографа-профилометра мод.201.

Результаты измерений радиуса округления режущих лезвий фрез из исследованных марок быстрорежущих сталей представлены в таблице 4.

Из таблицы видно, что фрезы, изготовленные из различных марок быстрорежущих сталей, имеют различную степень заострения режущих лезвий. Применение эльборовых шлифовальных кругов при заточке фрез способствует значительному уменьшению радиуса округления режущих лезвий.

Таблица 4.

За- точка	ρ , мкм							
	Материал фрез							
	PI8	PI2	P6M3	P6M5	P9K5	PIOK542	PIOK545	PI4T4
25А	9	10	10	9	14	16	16	13
Л	4	4	6	5	1	7	5	6

Структурные изменения, сопровождающие процесс шлифования и заглаживания инструмента, оценивались по изменению микротвердости шлифованных поверхностей рабочих граней и количеству остаточного аус-

тенита.

Исследования микротвердости шлифованных поверхностей свидетельствуют о том, что наиболее существенное влияние на изменение микротвердости оказывает электрокорундовая заточка фрез. Глубина залегания участка с измененной структурой (твердостью) зависит от теплостойкости стали (химического состава): чем выше теплостойкость, тем меньше глубина их залегания.

Металлографический анализ структуры быстрорежущих сталей показал, что применение абразивного материала, обладающего более высокими режущими свойствами (эльбора) позволяет значительно снизить содержание остаточного аустенита (в 2,5...4 раза) на шлифованных поверхностях фрез.

Повышение стойкости фрез, шлифованных и заточенных кругами из эльбора является подтверждением того, что исходное качество рабочих элементов режущей части оказывает существенное влияние на износ и стойкость фрез. Особенно значительно это влияние в начальном периоде работы, когда в резании непосредственно участвуют поверхностные слои режущей части инструмента, сформированные в процессе заточки. С увеличением продолжительности работы (износа) в работу вступают слои инструментального материала с исходной структурой, в результате чего снижается влияние эльборовых шлифовальных кругов на стойкость фрез.

Экопериментальное измерение температуры резания осуществилось методом естественной термопары. Установлено, что температурное состояние рабочих поверхностей зубьев фрез из различных марок быстрорежущих сталей различно при равных условиях резания. Так, например, при работе фрезами, изготовленными из быстрорежущих сталей, содержащих повышенное количество кобальта, температура снижается в среднем на 5...14%, у фрез из P18K5Ф2, на 16...22% у фрез из P9K5 в то время, как при работе фрезами из P14Ф4 температура может повышаться до 3%. Следует отметить, что количественные соотношения температуры резания фрезами из исследованных быстрорежущих сталей непостоянны. Они изменяются с варьированием скорости резания и подачи.

Применение эльборовых шлифовальных кругов при заточке фрез способствует снижению температуры резания. Однако степень понижения температуры контактных поверхностей рабочей части фрез в зависимости от химического состава также непостоянна. При резании фрезами из P18K5ФФ и P9K5, хотя и наблюдается снижение температуры, но в меньшей степени, чем у фрез из других исследованных быстроре-

жущих сталей. Так, при скорости резания, равной 28 м/мин и $S_z = 0,09$ мм снижение температуры резания составляет 2,4% для фрез из Р18К5Ф2, 2% - для фрез из Р10К5Ф5, а для фрез из Р6М3 - 4,6% и фрез из Р14Ф4 - 5%.

Функциональная связь между температурой и параметрами режима резания для фрез из исследованных быстрорежущих сталей достаточно хорошо выражается степенными функциями типа:

$$\theta^{\circ} = C_{\theta} \cdot V^{X_{\theta}} \cdot S_z^{Y_{\theta}} \quad (1)$$

Числовые значения коэффициентов и показателей степени представлены в таблице 5.

Таблица 5.

Материал фрезы	C_{θ}		X_{θ}		Y_{θ}	
	25А	Л	25А	Л	25А	Л
Р18	135	122	0,37	0,40	0,23	0,35
Р12	167	143	0,41	0,42	0,26	0,23
Р6М3	197	154	0,36	0,38	0,29	0,26
Р18К5Ф2	175	183	0,28	0,29	0,22	0,26
Р9К5	104	49	0,46	0,62	0,33	0,30
Р10К5Ф5	143	121	0,34	0,39	0,24	0,25
Р14Ф4	149	126	0,36	0,38	0,25	0,23

Сопоставление температурных и стойкостных зависимостей показывает, что стойкость фрез из исследованных быстрорежущих сталей находится в соответствии с температурным состоянием контактных поверхностей их рабочей части. Понижение температуры контактных поверхностей фрез, заточенных кругами из эльбора и обуславливает повышение их стойкости по сравнению со стойкостью фрез, заточенных кругами из электрокорунда.

С повышением скорости резания происходит более интенсивное разрушение поверхностных слоев в связи с чем и уменьшается эффективность влияния эльборовозаточки на понижения температуры резания. Это обстоятельство и объясняет механизм снижения влияния эльборовозаточки на увеличение стойкости фрез при форсированных режимах резания.

В главе V приведены результаты исследования экономической эффективности использования различных марок быстрорежущих сталей для изготовления концевых фрез а также эффективности их заточки кругами из эльбора.

Определение экономической эффективности использования различных быстрорежущих сталей для концевых фрез производилось путем сопоставления технико-экономических показателей, получаемых от применения фрез из исследованных быстрорежущих сталей и фрез из Р18, а при оценке экономической эффективности использования

альборовых шлифовальных кругов сопоставлялись технико-экономические показатели, получаемые от использования фрез, заточенных кругами из альбора и электрокорунда. При этом исследование экономической эффективности производилось по двум вариантам:

1) при постоянных значениях режима резания и изменяющейся величине стойкости фрез;

2) при переменных значениях режима резания и постоянной стойкости фрез.

По первому варианту экономия может быть получена за счет уменьшения затрат на эксплуатацию и уменьшения расхода фрез, а также за счет повышения производительности труда в результате сокращения времени на техническое обслуживание рабочего места.

По второму варианту экономическая эффективность может быть обеспечена за счет повышения производительности труда вследствие форсирования режима резания и уменьшения затрат на эксплуатацию фрез.

Проведенные исследования показали, что замена фрез из P18 на фрезы из других марок быстрорежущих сталей экономически не всегда целесообразна. Экономическая эффективность использования фрез из различных марок сталей зависит от параметров режима резания. Наибольший положительный экономический эффект наблюдается только от внедрения фрез из P12 и P9K5, в то время как использование альборовых шлифовальных кругов для заточки целесообразно для всех фрез из исследованных марок быстрорежущих сталей.

Сравнение технико-экономических показателей эффективности использования фрез из различных быстрорежущих сталей, а также эффективности шлифования и затачивания их кругами из альбора по двум вариантам показывает, что наиболее экономически целесообразно работать по второму варианту. Так, например, если по первому варианту суммарный экономический эффект за год на одном рабочем месте от внедрения фрез, изготовленных из P6M5 и заточенных кругами из альбора, составляет 7,7 рубля, то по второму варианту экономический эффект составляет 670 рублей.

О Б Ш И Е • В Ы В О Д Ы

1. Исследования показали, что правильный выбор материала режущей части (марки быстрорежущей стали) и технологических средств заточки и доводки являются основными факторами, определяющими режущие свойства концевых фрез.

2. Разработанная методика исследования режущих свойств

концевых фрез, изготовленных из различных марок быстрорежущих сталей и заточенных кругами из электрокорунда и эльбора с учетом периода работы, исследование закономерностей износа, оценка стойкости фрез в абсолютных и относительных единицах как при принятом критерии затупления, так и в зависимости от степени затупления, в связи с качеством рабочих элементов и температурным состоянием контактных поверхностей инструмента позволяет раскрыть механизм влияния марки быстрорежущей стали и технологических средств заточки на стойкость фрез и выработать научно обоснованные рекомендации по рациональному использованию быстрорежущих сталей и эльборовых шлифовальных кругов.

3. Экспериментальные исследования режущих свойств концевых фрез позволили установить марки быстрорежущих сталей, обеспечивающие наибольшую стойкость фрез в зависимости от параметров режима резания и величины износа.

4. Установлено, что зависимости стойкости фрез от скорости резания имеют вид монотонно убывающих кривых. Однако зависимость $T = f(V)$ не может быть описана одной общепринятой функцией типа $V = C_1/T^m$, так как она недостаточно точно описывает кривую в широком интервале скорости резания и не позволяет поэтому оценить влияние химического состава быстрорежущей стали на стойкость фрез. Данные зависимости достаточно точно аппроксимируются показательными функциями типа: $T = C_1 V^b e^{C_2 V}$. Использование этих аппроксимирующих функций позволяет прогнозировать изменение стойкости фрез в широком интервале варьирования скорости резания.

5. Более полно режущие свойства фрез из различных быстрорежущих сталей раскрываются при проведении исследований изменения стойкости фрез в зависимости от величины подачи в широком интервале скорости резания.

6. Установлено, что вид абразивного материала, используемого для окончательного формирования режущей части фрез, не влияет на общие закономерности износа фрез.

7. Влияние исходного качества рабочих элементов на стойкость фрез проявляется преимущественно в начальном периоде работы, так как интенсивность износа зубьев фрез в этом периоде работы оказывает наследственное влияние на протекание износа в основном периоде работы.

8. Применение эльборовых шлифовальных кругов при заточке фрез способствует увеличению их стойкости в 1,2...1,9 раза в

зависимости от марки быстрорежущей стали и параметров режима резания. Наиболее существенное влияние эльборовая заточка оказывает на стойкость фрез, работающих с малыми величинами допустимого износа.

9. Повышение стойкости фрез, заточенных кругами из эльбора, связана с улучшением качества их рабочих элементов, а также с изменением температурного состояния контактных поверхностей.

10. Экономические исследования позволили установить марки быстрорежущих сталей, повышающих экономическую эффективность фрезерования концевыми фрезами в условиях производства.

11. Проведенными исследованиями установлены определенные марки быстрорежущих сталей, обеспечивающих повышение режущих свойств концевых фрез.

Основное содержание диссертации опубликовано в следующих работах:

1. Е.Д.Баклунов и Б.А.Кальчинов. Влияние заточки шлифовальными кругами из эльбора на стойкость концевых фрез из быстрорежущих сталей. "Металлорежущий и контрольно-измерительный инструмент", НИИМАШ, 1973, №7.

2. Е.Д.Баклунов и Б.А.Кальчинов. Режущие свойства концевых фрез из быстрорежущих сталей. "Вестник машиностроения", 1973, №12.

3. Е.Д.Баклунов, Б.А.Кальчинов. Исследование оптимальных марок быстрорежущих сталей для концевых фрез в зависимости от допустимой величины износа. Труды Фрунзенского политехнического института (молодых ученых), выпуск 33, 1973.

4. Кальчинов Б.А., Е.Д.Баклунов. Исследование режущих свойств концевых фрез, заточенных кругами из эльбора, с учетом допустимой величины износа. Труды Фрунзенского политехнического института (аспирантов), выпуск 77, 1974.