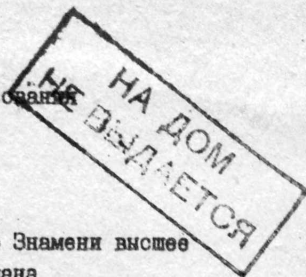


M336706

Министерство
высшего и среднего специального образования
СССР



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

На правах рукописи

МАСЛЕННИКОВ Альберт Степанович

ИССЛЕДОВАНИЕ КОНЦЕВЫХ ФРЕЗ С
ЦЕЛЬНОЙ ТВЕРДОСПЛАВНОЙ РАБОЧЕЙ ЧАСТЬЮ

(Специальность 05.03.01.

Процессы и машины обработки материалов
резанием; автоматические линии)

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

Москва

1978

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

Научный руководитель - кандидат технических наук
доцент БАКЛУНОВ Е.Д.

Официальные оппоненты: доктор технических наук
и.о. профессора КАПУСТИН Н.М.,
кандидат технических наук
доцент ДОБРОНОВИЧ К.В.

Ведущее предприятие - Московский инструментальный
завод "МИЗ".

Защита диссертации состоится "___" _____ 1978 г.
на заседании специализированного Ученого Совета по техно-
логии машиностроения K053.I5.I5. Московского высшего
технического училища имени Н.Э.Баумана.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке
училища.

Отзывы
печать,
2-я Баума

Авто

енные

да.

уче
кандидат

Р.К.



M.336706

90496614

Актуальность проблемы. Основные направления развития народного хозяйства СССР на 1976-1980 годы, принятые XXV съездом КПСС, требуют всесторонней интенсификации производства, ускорения научно-технического прогресса, роста производительности труда как решающих факторов повышения эффективности производства. Особое внимание должно быть уделено росту производительности труда. В частности, в машиностроении и металлообработке намечается повысить производительность труда примерно в 1,5 раза.

Одним из способов повышения стойкости металлорежущего инструмента и повышения производительности труда в металлообработке является замена инструмента из быстрорежущей стали твердосплавным инструментом.

Среди большого разнообразия видов и типов фрез значительное применение имеют концевые фрезы. Основная часть концевых фрез изготавливается из быстрорежущей стали. Широкое использование твердого сплава в конструкциях концевых фрез сдерживалось несовершенством методов крепления твердосплавных пластинок к корпусу фрезы. Достижения в области технологии производства цельного твердосплавного инструмента и алмазного инструмента, позволили изготовить рабочую часть концевых фрез цельной твердосплавной. Однако широкое применение в промышленности концевых фрез с цельной твердосплавной рабочей частью сдерживается недостаточностью сведений по их рациональной эксплуатации.

Цель исследования. Целью данной работы является получение научно-обоснованных данных по определению рациональных режимов резания при оптимальных геометрических параметрах зубьев фрезы, при обработке концевыми фрезами с цельной твердосплавной рабочей частью типовых представителей конструкционных материалов (серый чугун СЧ21-40 и коррозионностойкая сталь 15Х18Н12С4ТЮ), выбор рациональной марки твердого сплава для изготовления фрез.

Методы исследования. Оценка эксплуатационных свойств концевых фрез с цельной твердосплавной рабочей частью осуществлялась на основе экспериментального исследования температурных, стойкостных и силовых зависимостей.

Научная новизна. На основании комплексного исследования процесса фрезерования, которое предусматривает одновременное изучение характера и скорости изнашивания режущих лезвий зуб-

ев фрез, температуры в зоне резания и составляющих силы резания, проведена оценка эксплуатационных свойств концевых фрез с цельной твердосплавной рабочей частью из различных марок твердого сплава при обработке типовых представителей конструкционных материалов. Установлен характер взаимодействия между материалами режущей части инструмента и обрабатываемыми материалами, выявлено влияние его на процесс изнашивания режущих лезвий зубьев фрез в зависимости от различных условий обработки.

Практическая ценность. В результате проведенного исследования разработаны рекомендации по выбору величины критерия затупления в зависимости от шероховатости обработанной поверхности, по оптимальной геометрии зубьев фрез, рекомендации по выбору рациональных параметров режима резания, по определению температуры в зоне резания и составляющих силы резания при различных условиях обработки концевыми фрезами с цельной твердосплавной рабочей частью. Эти рекомендации необходимы при разработке общемашиностроительных нормативов по режимам резания и при оптимизации режима резания на фрезерных станках с самоприспособляющимися устройствами числового программного управления.

Апробация работы. Отдельные разделы работы докладывались и обсуждались на IV научно-технической конференции, посвященной XXV съезду КПСС, в Калужском филиале МВТУ им. Баумана в 1975 году, на IV научно-технической конференции молодых ученых и специалистов "НИИТавтопром-ЗИЛа" в 1976 г., на республиканской научно-технической конференции "Прогрессивные методы обработки металлов лезвийным инструментом" в г. Жданове в 1976 г. Обобщенные результаты исследования докладывались и обсуждались на двух научных семинарах кафедры "Теории механической обработки и инструмента" МВТУ им. Баумана в 1976 и 1977 г.г. Проведены производственные испытания концевых фрез с цельной твердосплавной рабочей частью, что отражено в соответствующем акте.

Объем работы. Диссертационная работа изложена на 152 страницах машинописного текста, включая 27 табл. Рисунок 120, список литературы из 70 наименований. Состоит из восьми глав, включая введение и общие выводы.

В первой главе, введении проведен краткий обзор имеющихся в литературе данных о применении цельных твердосплавных

МВТУ
И. Э. Баумана
ФУНДАМЕНТАЛЬНАЯ
БИБЛИОТЕКА

концевых фрез при обработке некоторых труднообрабатываемых материалов, обоснованы основные цели и задачи выполняемой диссертационной работы.

Во второй главе изложены условия проведения, контролируемые параметры при проведении экспериментального исследования и обоснован выбор величины критерия затупления.

Исследование эксплуатационных свойств концевых фрез с цельной твердосплавной рабочей частью проводилось при обработке заготовок из серого чугуна СЧ 21-40 и коррозионностойкой стали 15Х18Н12С4ТЮ. У образцов из серого чугуна СЧ 21-40 проверялись химический состав, микроструктура и твердость, у стали 15Х18Н12С4ТЮ химический состав, микроструктура и механические свойства.

Экспериментальный режущий инструмент - концевые фрезы с цельной твердосплавной рабочей частью из ВК6М, ВК8, ВК10М изготовлены согласно ГОСТ 5.2288-75, диаметром 22 мм и с числом зубьев $Z=3$. Фрезы из ВК8 имели также диаметр 12, 14, 16 и 18 мм с числом зубьев $Z=3$. Основная масса исследований проводилась при обработке фрезами диаметром 22 мм. Затачивание фрез производилось алмазными шлифовальными кругами, характеристики кругов и режимы обработки выбирались согласно рекомендациям по заточке твердосплавного инструмента. Перед началом экспериментального исследования у фрез проверялись геометрические параметры режущей части зубьев, шероховатость заточенных поверхностей, радиальное и торцовое обжиге зубьев после заточки и при установке на станке.

Экспериментальные исследования проводились на горизонтально-фрезерном станке. Серый чугун СЧ 21-40 обрабатывался при встречном направлении подачи, сталь 15Х18Н12С4ТЮ при попутном направлении подачи без применения смазочно-охлаждающей жидкости.

В процессе проведения исследования проводилось периодическое измерение линейного износа по главным задним поверхностям зубьев на цилиндрической части фрез, по задним поверхностям переходных режущих кромок и по уголкам. Установлено, что наиболее стабильно и закономерно процесс изнашивания протекает по задним поверхностям зубьев фрез, а не по уголкам. При определении периода стойкости концевых фрез принималась во внимание максимальная величина среднего арифметического износа по

главным задним поверхностям зубьев на цилиндрической части фрез h_z . Выбор критерия затупления по главной задней поверхности зубьев позволяет распространить данные о режущих свойствах концевых фрез, полученные при обработке уступа, и на обработку плоскости.

Для установления величины критерия затупления при определении периода стойкости фрез проведена серия опытов по определению шероховатости обработанной поверхности в зависимости от износа зубьев фрез из ВК8 диаметром 22 мм при различных значениях скорости резания и подачи на зуб. Фрезы имели задний угол зубьев на цилиндрической части 16° , передний угол 5° . При увеличении износа по задней поверхности зубьев фрез h_z выше 0,3 мм происходит резкое увеличение шероховатости обработанной поверхности из-за появления и последующего увеличения отслоений и выкрашиваний частиц инструментального материала по задней поверхности зубьев фрез. Принимая во внимание влияние износа фрез на шероховатость обработанной поверхности, за критерий затупления при определении периода стойкости фрез принята величина фаски износа по главной задней поверхности h_z , равная 0,3 мм.

В третьей главе проведен анализ имеющихся в литературе данных об основных физико-механических свойствах твердых сплавов группы карбид вольфрама-кобальт, изменении этих свойств при повышении температуры и влиянии их на процесс изнашивания и стойкость фрез. Изложены методика и результаты исследования температурных зависимостей при обработке серого чугуна СЧ21-40 фрезами из ВК8 и стали 15Х18Н12С4ТЮ фрезами из ВК6М, ВК8 и ВК10М.

Температура в зоне резания измерялась методом естественной термопары при обработке плоскости и при обработке уступа.

Пределы изменения условий обработки при исследовании температурных зависимостей приведены в таблице.

Обрабатываемый материал	! СЧ 21-40	! 15Х18Н12С4ТЮ
Скорость резания v , м/мин	42 - 104	19,8 - 65,6
Подача на зуб S_z , мм	0,017 - 0,17	0,015 - 0,095
Глубина резания t , мм	3 - 22	1,5 - 9
Ширина фрезерования B , мм	3 - 18	3 - 12

Диаметр фрезы $D_{фр}$, мм
 Величина износа h_z , мм

12 - 22 12 - 22
 0 - 0,5 0 - 0,5

Геометрия зубьев фрез такая же, как и при определении шероховатости обработанной поверхности в зависимости от износа фрез.

Знание температуры в зоне резания необходимо для более полного раскрытия процесса изнашивания фрез и позволяет предвидеть изменение скорости изнашивания и стойкости фрез при различных условиях обработки. Результаты этого исследования можно использовать при оптимизации режима резания на фрезерных станках с самоприспосабливающимися устройствами числового программного управления.

Из параметров режима резания наибольшее влияние на температуру в зоне резания оказывает скорость резания, меньшее — подача на зуб, глубина резания и ширина фрезерования. Диаметр фрезы и величина износа также оказывают значительное влияние на температуру в зоне резания, причем при увеличении износа от 0,3 до 0,5 мм температура в зоне резания возрастает в несколько большей степени, чем при увеличении износа от 0 до 0,3 мм. Температура в зоне резания и степень её возрастания или убывания (при увеличении диаметра фрезы) различны для различных сочетаний обрабатываемого и инструментального материалов. Отмечено некоторое замедление степени возрастания температуры в зоне резания при скоростях резания, соответствующих максимальной стойкости фрез и длине обработанной поверхности.

При обработке стали 15Х18Н12С4ТЮ, в основном, при всех условиях обработки меньшую температуру в зоне резания показали фрезы из ВК6М; несколько большую из ВК8 и самую большую из ВК10М. Фрезы из ВК8 имеют меньшую степень возрастания температуры в зоне резания, по сравнению с фрезами из ВК6М и ВК10М, при увеличении параметров режима резания и износа фрез.

Для выражения зависимости температуры в зоне резания от параметров режима резания, диаметра и износа фрез получена формула следующего вида:

$$t^{\circ}C = C_0 \cdot v^a \cdot s_z^x \cdot t^y \cdot B^r \cdot D_{фр}^{-p} \cdot (q \cdot h_z + 1) \quad (I)$$

Коэффициенты и показатели степени уравнения (I) определены по результатам экспериментального исследования.

Глава четвертая посвящена исследованию оптимальной гео-

метрии зубьев на цилиндрической части фрез.

Опыты проводились при обработке уступа фрезами диаметром 22 мм.

При исследовании влияния величины заднего угла на стойкость фрез, величина переднего угла принята равной 5° .

Оптимальная величина заднего угла зубьев концевых фрез определялась при обработке серого чугуна СЧ 21-40 фрезами из ВК8 при трех значениях подачи на зуб, при обработке стали 15Х18Н12С4ТЮ фрезами из ВК6М, ВК8 и ВК10М при двух значениях подачи на зуб по ряду показателей: по максимальной стойкости в общем времени работы фрезы, по минимальной скорости изнашивания по массе инструментального материала, по максимальной длине обработанной поверхности, по максимальной суммарной стойкости в общем времени работы фрез и по признаку обеспечения прочности режущих лезвий зубьев фрез.

В результате комплексного исследования оптимальной величины заднего угла установлено, что при обработке серого чугуна СЧ 21-40 и стали 15Х18Н12С4ТЮ оптимальным является задний угол $\alpha = 20^{\circ}$.

При постоянной подаче на зуб с увеличением заднего угла стойкость фрез увеличивается до тех пор, пока происходит нормальное изнашивание истиранием и не начались выкрашивания и сколы режущих лезвий зубьев фрез.

Получена формула для определения предельной величины заднего угла α_{np} , при которой прочность режущих лезвий зубьев фрез еще достаточна для осуществления процесса резания, в зависимости от подачи на зуб, имеющая следующий вид:

$$\alpha_{np} = \arcsin C_{\alpha} \cdot S_z^{-x} \quad (2)$$

Величина α_{np} при постоянной подаче на зуб зависит от свойств обрабатываемого и инструментального материалов, которые характеризуются величиной коэффициента C_{α} и показателя степени x . Величина заднего угла α не должна превышать α_{np} . С уменьшением подачи на зуб можно увеличивать задний угол α . Это создает более благоприятные условия протекания процесса трения и изнашивания на контактной площадке задней поверхности зубьев фрез.

Исследование оптимальной величины переднего угла, проведенное при оптимальной величине заднего угла $\alpha = 20^{\circ}$, показало, что оптимальная величина переднего угла, определенная по максимальной стойкости в общем времени работы

фрез, при обработке серого чугуна СЧ 21-40 равна 0° , при обработке стали 15Х18Н12С4ТЮ равна 5° .

В главе пятой изложены результаты исследования стойкостных зависимостей при обработке уступа фрезами диаметром 22 мм.

Пределы изменения параметров режима резания такие же, как и при исследовании температурных зависимостей, за исключением глубины резания, которая при обработке серого чугуна СЧ 21-40 изменялась в пределах от 3 до 18 мм. Величина заднего угла зубьев фрез равна 20° , переднего угла — равна 5° . Кроме того, периодически производилось измерение величины радиуса округления ρ главных режущих лезвий зубьев фрез после затачивания и по мере затупления фрез. Увеличение ρ в процессе изнашивания зубьев фрез оказывает свое влияние на увеличение температуры в зоне резания, силы резания и, следовательно, влияет на стойкость фрез.

Для более полной оценки работоспособности концевых фрез, режущие свойства их, в процессе исследования стойкостных зависимостей, оценивались следующими показателями: стойкостью в общем времени работы фрезы T , стойкостью во времени непосредственного резания T_p и длиной обработанной поверхности L .

В основном, при всех изменениях параметров режима резания, процесс изнашивания фрез происходил за счет истирания задних поверхностей зубьев. Однако, при повышенных значениях параметров режима резания ($v = 104$ м/мин при обработке серого чугуна СЧ 21-40; $v = 51,8$ м/мин, $S_z = 0,075$ мм, $t = 6$ мм и $B = 12$ мм при обработке стали 15Х18Н12С4ТЮ) на задних поверхностях зубьев фрез наблюдались выкрашивания частиц инструментального материала.

Установлен своеобразный характер зависимостей показателей стойкости T , T_p и L от параметров режима резания.

Зависимости T , T_p и L от скорости резания имеют немонотонный характер. При обработке серого чугуна СЧ 21-40 максимальную $T = 480$ мин и $T_p = 83,6$ мин фрезы из ВК8 имеют при скорости резания $v = 82$ м/мин, максимальную $L = 180$ м при скорости резания $v = 92$ м/мин. При обработке стали 15Х18Н12С4ТЮ максимальная T и T_p имеет место при скоростях резания 33,5 и 39,6 м/мин (у фрез из ВК6М $T = 148$

мин, $T_p = 17,8$ мин; из ВК10М $T = 99,5$ мин, $T_p = 12$ мин; из ВК8 $T = 87$ мин, $T_p = 10,5$ мин), максимальная $l = 13$ м фрез из ВК6М и $l = 10,3$ м фрез из ВК10М – при скорости резания $v = 39,6$ м/мин, максимальная $l = 8,6$ м фрез из ВК8 при скорости резания $v = 39,6$ м/мин и выше.

Изменение подачи на зуб и глубины резания при обработке серого чугуна СЧ 21–40 оказывает незначительное влияние на T фрез, ширина фрезерования на стойкость фрез не оказывает влияния.

При обработке стали 15Х18Н12С4ТЮ зависимости T от подачи на зуб имеют немонотонный характер с максимумом T при подаче на зуб $S_z = 0,046$ мм. С подачами на зуб меньше $S_z = 0,046$ мм работать нецелесообразно из-за значительного падения стойкости фрез. Зависимости T от глубины резания и ширины фрезерования имеют монотонно убывающий характер. Увеличение жесткости фрез, за счет уменьшения отношения длины рабочей части фрезы к ее диаметру $\frac{l}{D_{фр}}$ от 2,5 до 0,73, позволяет увеличить их стойкость примерно на 10–15%. Наибольшую T при обработке стали 15Х18Н12С4ТЮ показали фрезы из ВК6М, меньшую – из ВК10М и затем из ВК8. Фрезы из ВК8, при увеличении параметров режима резания, во всех случаях имеют меньшую степень убывания стойкости, чем фрезы из ВК6М и ВК10М, поэтому при повышенных значениях параметров режима резания (кроме S) T фрез из ВК8 выше T фрез из ВК10М, а иногда и фрез из ВК6М ($t > 4,5$ мм).

В основном, наблюдается соответствие между степенью возрастания температуры в зоне резания и степенью уменьшения T при увеличении параметров режима резания.

Для определения T , T_p и l в расширенном диапазоне изменения скорости резания, зависимости T , T_p и l от скорости резания при обработке серого чугуна СЧ 21–40 дополнительно аппроксимированы, кроме степенных функций, функциями вида $y = a - b \cdot \sin x$. При обработке стали 15Х18Н12С4ТЮ зависимости T и T_p от скорости резания дополнительно аппроксимированы показательными уравнениями вида $y = \frac{a \cdot x^b}{c + x^d}$, зависимости l от скорости резания уравнениями второго порядка вида $y = a + bx + cx^2$.

В результате обобщения частных зависимостей T , T_p и l от параметров режима резания и износа фрез установлены

формулы, выражающие общие зависимости T , T_p и L от исследованных факторов и имеющие следующий вид:

$$T(T_p, L) = \left(\frac{1}{v^{\frac{1}{n}}} \right) \cdot \frac{C_0 \cdot h_z^4}{S_x^2 \cdot t^y \cdot B_x^z \cdot \left(\frac{L}{D_{\text{фр}}} \right)^p} \quad (3)$$

Выражение для скорости резания v меняется в зависимости от определяемого показателя стойкости и диапазона, в пределах которого находится скорость резания.

При повышенных требованиях к шероховатости обработанной поверхности (при обработке серого чугуна СЧ 21-40 до 6-5, стали 15Х18Н12С4ТЮ до 7-6 класса шероховатости) величина износа h_z не должна превышать 0,3 мм, при пониженных - может достигать 0,5 - 0,6 мм.

В главе шестой изложены результаты исследования силовых зависимостей концевых фрез при обработке плоскости и уступа.

Оценка величины и направления действия силы резания производилась по результатам измерения ее составляющих: окружной - P_z , горизонтальной - P_x , вертикальной - P_y и осевой - P_o . Для измерения P_z использовалась специально сконструированная и изготовленная динамометрическая оправка, для измерения P_x , P_y и P_o - универсальный трехкомпонентный динамометрический стол конструкции МВТУ им.Баумана.

Исследование силовых зависимостей проводилось при тех же условиях обработки, что и исследование температурных зависимостей. Фрезы имели следующую геометрию зубьев: задний угол 20° и передний угол 5° .

Основная часть исследования силовых зависимостей проводилась при обработке серого чугуна СЧ 21-40 и стали 15Х18Н12С4ТЮ фрезами из ВК8. Дополнительно проведены исследования по определению разницы в P_z при обработке стали 15Х18Н12С4ТЮ фрезами из ВК6М, ВК8 и ВК10М.

Знание составляющих силы резания при различных условиях обработки необходимо для расчета на прочность и жесткость отдельных элементов системы СПИД и для более полного обоснования полученных стойкостных зависимостей, результаты этого исследования можно использовать при оптимизации режима резания на фрезерных станках с самоприспособляющимися устройствами числового программного управления.

Скорость резания оказывает незначительное влияние на величину составляющих силы резания, по сравнению с подачей на зуб, глубиной резания, шириной фрезерования, диаметром и

ивносом фрез. Зависимости составляющих силы резания от скорости резания имеют немонотонный характер, минимальная величина составляющих силы резания соответствует скоростям резания, при которых фрезы имеют наибольшую стойкость и длину обработанной поверхности.

Зависимости составляющих силы резания от подачи на зуб, глубины резания, ширины фрезерования и износа фрезы имеют, в основном, монотонно возрастающий характер, от диаметра фрезы — монотонно убывающий. При увеличении износа фрезы от 0,3 до 0,5 мм составляющие силы резания возрастают в несколько большей степени, чем при увеличении износа от 0 до 0,3 мм.

Для выражения зависимости составляющих силы резания от параметров режима резания, диаметра и износа фрез, при обработке фрезами из ВК8, получена формула следующего вида:

$$P = C_p \cdot S_z^x \cdot t_y \cdot B^x \cdot D_{фр}^{-p} \cdot (q \cdot h_z \pm 1) \quad (4)$$

Коэффициенты и показатели степени уравнения (4) определены по результатам экспериментального исследования.

Температура в зоне резания и составляющие силы резания при обработке плоскости и уступа отличаются незначительно, поэтому данные о стойкостных зависимостях концевых фрез, полученные при обработке уступа, можно распространить и на обработку плоскости.

Явления, отмеченные при проведении исследования температурных, стойкостных и силовых зависимостей, в основном, согласуются между собой.

Глава седьмая посвящена исследованию экономической эффективности применения концевых фрез с цельной твердосплавной рабочей частью.

Результаты проведенного исследования оптимальной геометрии зубьев и стойкостных зависимостей позволили произвести оценку экономической эффективности применения оптимальной геометрии зубьев и замены концевых фрез из быстрорежущей стали концевыми фрезами с цельной твердосплавной рабочей частью.

Составляющими суммарного экономического эффекта являются экономический эффект от экономии рабочего времени и экономический эффект от снижения затрат на эксплуатацию инструмента.

Экономия рабочего времени при применении оптимальной геометрии зубьев получается за счет уменьшения времени, затрачиваемого на смену затупившегося инструмента, при замене

концевых фрез из быстрорежущей стали концевыми фрезами с цельной твердосплавной рабочей частью за счет уменьшения машинного времени и времени на смену затупившегося инструмента.

Снижение затрат на эксплуатацию инструмента получается за счет уменьшения количества переточек фрез, приходящегося на заданное количество выпускаемых деталей.

При обработке серого чугуна СЧ 21-40 суммарный экономический эффект за год на одном рабочем месте $З_2$ увеличивается при увеличении заднего угла от 8° до 20° (что также подтверждает правильный выбор оптимального заднего угла) и скорости резания от 82 до 104 м/мин при всех значениях подачи на зуб; при увеличении подачи на зуб $З_2$ увеличивается при всех значениях заднего угла и скорости резания.

При обработке стали 15Х18Н12С4ТЮ $З_2$ увеличивается при увеличении заднего угла от 8° до 20° и скорости резания от 33,5 до 65,6 м/мин при всех значениях подачи на зуб, при увеличении подачи на зуб от 0,046 до 0,095 мм $З_2$, в основном, уменьшается при всех значениях скорости резания.

Наибольший суммарный экономический эффект за год на одном рабочем месте $З_2$ получается при обработке стали 15Х18Н12С4ТЮ и достигает: от применения оптимальной геометрии зубьев фрез из ВК10М 12200 рублей, от замены концевых фрез из быстрорежущей стали концевыми фрезами с цельной твердосплавной рабочей частью из ВК6М 26200 рублей.

ОБЩИЕ ВЫВОДЫ

1. Комплексный характер исследования процесса обработки концевыми фрезами, а именно: исследование процесса изнашивания во времени; изучение износа по массе инструментального материала, выкрашивания и округления режущих лезвий, шероховатости обработанной поверхности в зависимости от износа и т.д.; установление температурных, стойкостных и силовых зависимостей; применение таких методических приемов, как оценка процесса изнашивания скоростью изнашивания по массе инструментального материала; описание немонотонных зависимостей показательно-степенными уравнениями и уравнениями второго порядка; оценка стойкости фрез общим временем работы, временем непосредственного резания и длиной обработанной поверхности и т.д., позволили произвести всестороннюю оценку работоспособ-

ности концевых фрез из различных марок твердого сплава при обработке типовых представителей конструкционных материалов: серого чугуна СЧ 21-40 и коррозионностойкой стали 15Х18Н12С4Т0 и дали возможность получить результаты, имеющие определенный научно-теоретический интерес.

2. Износ по задней поверхности зубьев на цилиндрической части концевых фрез наиболее полно характеризует режущие свойства фрез. Принимая во внимание влияние износа на шероховатость обработанной поверхности, за критерий затупления при определении периода стойкости фрез принята величина фаски износа по главной задней поверхности, равная 0,3 мм.

3. Температура в зоне резания для пар, обрабатываемый материал — материал инструмента, зависит от физико-механических свойств обрабатываемого материала и материала инструмента. В равных условиях обработки одного и того же материала, температура в зоне резания зависит от физико-механических свойств твердого сплава фрезы. Полученные данные о зависимости температуры в зоне резания от параметров режима резания, диаметра и износа фрез имеют большое значение при оценке процесса изнашивания и стойкости фрез.

4. Исследованы оптимальные геометрические параметры зубьев на цилиндрической части фрез. При обработке серого чугуна СЧ 21-40 исследование оптимальной геометрии зубьев фрез проведено при трех значениях подачи на зуб, при обработке стали 15Х18Н12С4Т0 при двух значениях подачи на зуб по следующим показателям: по максимальной стойкости в общем времени работы фрезы, по минимальной скорости изнашивания по массе инструментального материала, по максимальной длине обработанной поверхности, по максимальной суммарной стойкости в общем времени работы фрезы и по признаку обеспечения прочности режущих лезвий. На основе проведенного исследования даны практические рекомендации по оптимальным геометрическим параметрам зубьев фрез.

5. Исследование стойкостных зависимостей фрез от параметров режима резания и величины износа проводилось по следующим показателям стойкости: стойкости в общем времени работы фрезы, стойкости во времени непосредственного резания и по длине обработанной поверхности. Установлен своеобразный ха-

характер зависимостей показателей стойкости от параметров режима резания. Немонотонный характер зависимостей стойкости от скорости резания и подачи на зуб предъявляет особые требования к назначению этих параметров режима резания в условиях производства. Общие формулы, полученные в результате математической обработки экспериментальных стойкостных зависимостей, позволяют с достаточной степенью точности рассчитать показатели стойкости при различных условиях обработки.

6. При исследовании силовых зависимостей установлены зависимости составляющих силы резания от параметров режима резания, диаметра и износа фрез. Полученные данные необходимы для более полного обоснования стойкостных зависимостей и расчета на жесткость и прочность отдельных элементов системы СПИД. Результаты исследования температурных, стойкостных и силовых зависимостей, в основном, согласуются между собой.

7. Результаты проведенного исследования оптимальной геометрии зубьев фрез и стойкостных зависимостей положены в основу расчета технико-экономической эффективности применения концевых фрез с цельной твердосплавной рабочей частью. Анализ технико-экономической эффективности применения в условиях производства этого инструмента показал, что при обработке серого чугуна СЧ 21-40 и стали 15Х18Н12С4ТЮ фрезами с оптимальной геометрией зубьев и при замене концевых фрез из быстрорежущей стали концевыми фрезами с цельной твердосплавной рабочей частью обеспечивается значительный экономический эффект.

8. Данные об оптимальной геометрии зубьев фрез и общие формулы, полученные в результате математической обработки стойкостных и силовых зависимостей, можно рекомендовать для использования при разработке общемашиностроительных нормативов по режимам резания. Зависимости температуры в зоне резания и составляющих силы резания от параметров режима резания, диаметра и износа фрез можно использовать также при оптимизации режима резания на фрезерных станках с самоприспосабливающимися устройствами числового программного управления.

9. Проведенное исследование эксплуатационных свойств концевых фрез с цельной твердосплавной рабочей частью обеспечивает их широкое применение в различных отраслях машиностроения.

Основное содержание диссертации изложено в следующих опубликованных работах:

1. Масленников А.С. Исследование оптимальной геометрии режущей части фрез и стойкостных зависимостей при обработке серого чугуна СЧ 21-40 концевыми фрезами с цельной твердосплавной рабочей частью. Тезисы докладов на IV научно-технической конференции молодых ученых и специалистов. НИИТавтопром -ЗИЛ. М., 1976, с. 172 - 173.

2. Масленников А.С. Режущие свойства концевых фрез с цельной твердосплавной рабочей частью при обработке типовых представителей конструкционных материалов. Тезисы докладов на республиканской научно-технической конференции "Прогрессивные методы обработки металлов лезвийным инструментом". Киев, 1976, с. 23-24.

3. Масленников А.С., Баклунов Е.Д. Оптимальная геометрия концевых фрез с цельной твердосплавной рабочей частью. Экспресс-информация. Металлорежущий и контрольно-измерительный инструмент. НИИМАШ, №9, М., 1976, с. 1-5.

4. Дорошенко Г.В., Масленников А.С., Баклунов Е.Д. Исследование оптимальной геометрии концевых фрез. Известия ВУЗов. Машиностроение. № II, 1976, с. 153-156.

5. Масленников А.С., Баклунов Е.Д., Стойкостные зависимости концевых фрез с цельной твердосплавной рабочей частью при обработке серого чугуна. Экспресс-информация. Металлорежущий и контрольно-измерительный инструмент. НИИМАШ, № 3, М., 1977, с. 6-9.

Л71864. Подп. к печ. 25.07.78 г. Заказ 1666. Объем 1 п.л.
Тираж 100 экз. Ретопринт МВТУ. 107005. Москва, 2-я Бауманская, 5