М357281.

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ СССР

М о с к о в с к о е

ордена Ленина и ордена Трудового Красного Знамени

высшее техническое училище им. Н.Э.Баумана

На правах рукописи

Петрушин Сергей Иванович

ИССЛЕДОВАНИЕ РЕЖУЩИХ СВОЙСТВ РЕЗЦОВ С МНОГОГРАННЫМИ ПЛАСТИНАМИ ПРИ ОБРАБОТКЕ СЕРОГО ЧУГУНА

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 1979

НТБ МГТУ им. Н.Э. Баумана
1357281
Петрушин С.И. Исследование

НА ДОМ НЕ ВЫДАЕТСЯ

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ СССР

М о с к о в с к о е

ордена Ленина и ордена Трудового Красного Знамени

высшее техническое училище им. Н.Э.Баумана

На правах рукописи

Петрушин Сергей Иванович

ИССЛЕДОВАНИЕ РЕЖУЩИХ СВОЙСТВ РЕЗЦОВ С МНОГОГРАННЫМИ ПЛАСТИНАМИ ПРИ ОБРАБОТКЕ СЕРОГО ЧУГУНА

Специальность 05.03.01 – Процессы и машины обработки материалов резанием; автоматические линии

№ 1357281

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук

Москва 1979

УЧ
ВАНИЕ
ЧЕБ

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

Научный руководитель – кандидат технических наук, доцент
ЗВЕРЕВ Е.К.

Официальные оппоненты: доктор технических наук, профессор
ПОДУРАЕВ В.Н.
кандидат технических наук, старший научный сотрудник
АНДРЕЕВ В.Н.

Ведущая организация – Всесоюзный научно-исследовательский и проектно-технологический институт горного машиностроения – ВНИПТИМ

Защита состоится "____" _____ 19 г. на заседании специализированного Ученого Совета К 053.15.15 по технологии машиностроения при Московском ордена Ленина и ордена Трудового Красного Знамени высшем техническом училище им. Н.Э.Баумана по адресу: Москва, 107005, 2-я Бауманская ул., дом 5.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке МВТУ им. Н.Э.Баумана.

Автореферат разослан "____" _____ 19 г.

Ваши отзывы на автореферат в двух экземплярах, заверенные печатью, просим направлять по указанному адресу.

Ученый секретарь совета
кандидат технических наук
доцент МЕЛЕРЯКОВ Р.К.

МВТУ им. Баумана
ЧИТАЛЬНАЯ ЗАЛА

л.№ 020720 Подп. к печати 24.12.79 Объем 1 печ. л.
Тираж 200 экз. Типография МВТУ им. Н.Э.Баумана.

Актуальность проблемы исследования режущих свойств резцов с многогранными пластинами вытекает из принятых XXУ съездом КПСС основных направлений развития машиностроения и металлообработки на десятую пятилетку (увеличение выпуска продукции в I,5...I,6 раза, повышение производительности труда в I,5 раза) и соответствующих постановлений Совета Министров СССР, предусматривающих увеличение выпуска инструментов, оснащенных многогранными пластинами. Резцы с механическим креплением многогранных пластин, применение которых по сравнению с напаянными резцами обеспечивает повышение производительности труда, снижение эксплуатационных расходов, сокращение потерь дефицитного твердого сплава и ряд других преимуществ, находят в последние годы широкое применение на многих предприятиях страны. В настоящее время существует большая номенклатура многогранных пластин и разнообразие методов их крепления в корпусе резца. Поэтому возникает необходимость выявления прогрессивных форм и методов повышения режущих свойств многогранных пластин, геометрических параметров и углов установки последних, условий эффективной эксплуатации резцов. Эти данные необходимы в повседневной практике конструкторов и технологов машиностроительного и металлообрабатывающего производства.

Целью работы является установление научно-обоснованных рекомендаций по повышению режущих свойств и рациональной эксплуатации, а также исходных стойкостных и силовых функциональных зависимостей для последующей разработки на их основе нормативных материалов по геометрическим параметрам, режимам резания и энергозатратам резцов токарных сборных проходных с механическим креплением многогранных твердосплавных пластин марки ВК6 при межоперационном наружном продольном точении серого чугуна.

Методы исследования. Достижение поставленной цели осуществляется комплексными исследованиями с использованием расчетно-экспериментальных методов определения параметров износа, стойкости, составляющих силу резания, а также аналитических методов.

Научная новизна. Установлены особенности изнашивания и критерий допустимого износа резцов, оснащенных многогранными пластинами различных форм и характеристик. Установлены аналитические зависимости между геометрическими параметрами сборных резцов и углами установки пластины в гнезде корпуса резца. Получены расчетные формулы для определения силовых контактных нагру-

зок и угла схода стружки при наружном продольном точении, влияющих на износ. Получены формулы для расчетно-экспериментального определения изношенной массы резца, учитывающие опускание режущих лезвий в процессе изнашивания. Установлено влияние поворота и смены многогранных пластин в корпусе резца на отклонение диаметрального размера детали. Определены методы и пути повышения стойкости резцов типовых конструкций. Установлены закономерности влияния износа, стойкости, глубины резания, подачи, геометрических параметров резцов, формы и состояния поверхностей пластины, обрабатываемого металла и износостойкого покрытия на скорость, составляющие силу резания и энергозатраты.

Практическая ценность. Даны рекомендации по эффективному применению и рациональной эксплуатации резцов с многогранными пластинами при наружном продольном точении серых чугунов, повышающие производительность обработки. Предложены развернутые формулы для расчета скорости, составляющих силу резания и энергозатрат.

Апробация работы. Основное содержание исследования опубликовано в 6-и статьях. Материалы по диссертации были доложены на пяти научно-технических семинарах кафедры "Теория механической обработки и инструментов" МВТУ им. Н.Э.Баумана за период 1975...1979 гг и на семинаре кафедры "Технология машиностроения" Кузбасского политехнического института, а также использованы рядом заводов (геологоразведочного оборудования и ремонтно-механический - г.Кемерово) и институтов (ОРГПРИМИНСТРУМЕНТ - г. Москва и МНИИПТМАШ - г.Кемерово).

Объем работы. Реферируемая работа содержит 149 страниц машинописного текста, включающих введение, семь глав, общие выводы, приложение, 93 рисунка и 25 таблиц. В списке используемой литературы 92 наименования.

В первой главе приведен аналитический обзор литературы, научно-исследовательских работ, материалов отечественных заводов, НИИ, ВТУЗов и зарубежных фирм по современному состоянию изучаемого вопроса. Проанализированы геометрические параметры, формы и материал режущих и опорных пластин типовых конструкций резцов. Дан сравнительный анализ вопросов изнашивания, методов исследования износа, законов изменения стойкости и силы резания при точении серого чугуна. Установлено, что в проведенных работах по исследованию режущих свойств резцов с многогранными плас-

тинами при обработке серых чугунов ряд вопросов не изучен или изучен недостаточно, а именно: износ многогранных пластин, управление геометрическими параметрами резцов с различными формами пластин, закономерности изменения стойкости, скорости резания, силы резания, и другие.

Во второй главе изложена методика проведения исследований. На основании аналитического обзора поставлена цель и сформулированы следующие основные задачи исследования: выявить пути и способы повышения режущих свойств и условия эффективной эксплуатации резцов с многогранными пластинами; аналитически исследовать способы управления геометрическими параметрами резцов; изучить внешний вид, топографию, изменение линейных параметров и массы изношенной части многогранных пластин и сопутствующие явления; определить критерий допустимого износа резцов; установить экспериментально и найти математические выражения влияния режима резания и геометрических параметров резцов на износ, стойкость, составляющие силу резания и энергозатраты; оценить результаты экспериментальных исследований технико-экономическими расчетами.

Основными этапами исследований предусмотрено решение следующих вопросов:

- теоретического направления: разработка общей и частных методик установления режущих свойств резцов; установление зависимостей между гелметрическими параметрами резца и углами ориентации пластин в корпусе; установление влияния методов крепления и степени точности пластины на отклонение диаметрального размера при ее повороте или смене; разработка методики измерения и вывод формул для расчета изношенной массы инструментального материала пластин различных форм; установление связи между износом, силовыми контактными нагрузками и углом схода стружки; определение критерия допустимого износа резцов;

- конструкторского направления: разработка экспериментальных установок для проведения стойкостных и силовых опытов, измерения и автоматической записи параметров износа на станке с помощью современной электронной регистрирующей и аналоговой аппаратуры; создание оптико-механического прибора для измерения износа задних поверхностей;

- экспериментального направления: изучение внешней картины изнашивания пластин; исследование влияния режимов резания, пе-

реднего угла, главного угла в плане и формы многогранной пластины на параметры износа, стойкость, составляющие силу резания и энергозатраты; изучение влияния состояния рабочих поверхностей и износостойкого покрытия режущих пластин на стойкость.

Наряду с изложенным установлены допустимые области изменения исследуемых параметров и даны условия проведения опытов.

<u>В третьей главе</u> приведены результаты исследования обрабатываемых металлов и применяемых инструментов; дано описание экспериментальной установки.

Эксперименты проводились на заготовках-трубах ($D_н$ = 300 мм, $D_в$ = 100 мм, L = 1000 мм) из серых чугунов марок СЧ 24-44 (НВ 206...222) и СЧ 21-40 (НВ 180).

В опытах использовано 6 типов резцов конструкции ВНИИинструмент, оснащенных пластинами неправильной трехгранной, квадратной, ромбической, параллелограммной, пятигранной и шестигранной формы со стружечными канавками, и 10 типов резцов конструкции ВАЗ с механическим креплением пластин правильной трехгранной и квадратной формы без заднего и с задним углом с плоской передней поверхностью из твердого сплава марки ВК6.

Исследования[x)] основных показателей режущих и опорных пластин (марка твердого сплава, точность исполнительных размеров, шероховатость, радиус округления режущих лезвий и др.) позволили отобрать последние в строгом соответствии с ГОСТами и техническими требованиями. Контроль однородности режущих свойств пластин проводился в процессе экспериментов.

Экспериментальная установка на базе токарного станка Л-220 обеспечивала плавное регулирование частоты вращения шпинделя, требуемую мощность, жесткость, диапазон подач и позволяла измерять непосредственно на станке твердость заготовки, шероховатость обработанной поверхности, параметры износа, температуру и составляющие силу резания. Измерение износа задних поверхностей резца осуществлялось специально спроектированным прибором. Последний состоит из основания, установленного на суппорте станка параллельно опорной поверхности режущей пластины, и съемной оптической части, ось вращения которой совпадает с центром радиуса при вершине резца. Разработанное устройство для измерения износа передней поверхности позволило определить линейный износ и изношенную массу методом профилографирования лунки. Устройст-

[x)] – проведены ВНИИинструмент и МВТУ им. Н.Э.Баумана

во состоит из измерительного узла, самописца, потенциометра и АВМ, предназначенной для автоматического измерения и записи площади поперечных сечений лунки износа. Температура резания измерялась методом "естественной термопары". Для стабилизации сигнала на регистрирующем потенциометре применена электрическая компенсация температуры спая в общей термоэдс. Составляющие силу резания регистрировались трехкомпонентным тензоэлектрическим динамометром. Оборудование, приборы и аппаратура подвергались соответствующей проверке и тарировке.

В четвертой главе даны результаты исследований закономерностей износа многогранных пластин и сопутствующих ему явлений. На основании изучения внешнего вида и топографии износа установлено, что максимальная величина износа находится на переходной задней поверхности, а на передней поверхности образуется лунка каплевидной формы. Ось симметрии лунки перпендикулярна к направлению схода стружки. В момент выхода лунки на вспомогательную режущую кромку начинается опускание режущего лезвия. Последнее в процессе дальнейшего резания распространяется на переходное и главное режущие лезвия. Выявлено, что можно уменьшить износ многогранных пластин путем уменьшения угла схода и длины контакта стружки на передней поверхности.

Установленные специфические особенности процесса изнашивания многогранных пластин подтверждены теоретическими исследованиями.

Исследования геометрических параметров и углов ориентации многогранных пластин в корпусах резцов рассматриваемых конструкций позволили получить следующие формулы:

$$tg\alpha = \frac{(tg\alpha_n - tg\gamma_H \cdot \sin\mu)\sqrt{1-\cos^2\mu\cdot\sin^2\gamma_H}}{1+tg\alpha_n \cdot tg\gamma_H \cdot \sin\mu} \qquad (1)$$

$$tg\gamma = \frac{tg\gamma_H \sin\mu - tg\gamma_K}{(1+tg\gamma_K \cdot tg\gamma_H \cdot \sin\mu)\sqrt{1-\cos^2\mu\cdot\sin^2\gamma_H}} \qquad (2)$$

$$\sin\varphi = \frac{\sin\mu\cdot\sin\psi + \cos\mu\cdot\cos\gamma_H\cdot\cos\psi}{\sqrt{1-\cos^2\mu\cdot\sin^2\gamma_H}} \qquad (3)$$

$$\sin\lambda = \cos\mu\cdot\sin\gamma_H \qquad (4) \qquad tg\gamma_H = \sqrt{tg^2\gamma + tg^2\lambda} \qquad (5)$$

$$tg\psi = \frac{tg\varphi\, tg\gamma - tg\lambda}{tg\gamma - tg\varphi\, tg\lambda} \qquad (6) \qquad \cos\mu = \frac{\sin\lambda}{\sqrt{\frac{tg^2\gamma+tg^2\lambda}{1+tg^2\gamma+tg^2\lambda}}} \qquad (7)$$

где α, γ, λ и φ – углы главного режущего лезвия резца; $\gamma_н$ – угол наибольшего наклона пластины; Ψ – угол между плоскостью наибольшего наклона пластины и направлением поперечной подачи; μ – угол между главной режущей кромкой и плоскостью наибольшего наклона; $\alpha_п$ – задний угол многогранной пластины; $\gamma_к$ – передний угол стружечной канавки. Углы резца на переходном и вспомогательном режущих лезвиях определяются по формулам (I)... (4) подстановкой вместо угла μ суммы $\mu+[0°...(180°-\varepsilon)]$, где ε – угол при вершине резца.

Установлено, что углы вспомогательного режущего лезвия полностью определяются углами главного лезвия. Последнее приводит к неоптимальным углам вспомогательного лезвия и как следствие к интенсивному износу вспомогательной задней поверхности.

Изучение силовых контактных нагрузок на рабочих поверхностях резца проводилось путем расчета по предложенным формулам:

$$\sigma_m = \frac{2[P_x\cdot\cos(\varphi-\gamma)-P_y\sin(\varphi-\gamma)]}{F_{1\text{-}2}\cdot\sin\gamma+F_{2\text{-}3}\sin(\gamma-\Delta)-F_{3\text{-}4}\sin(\varphi+\varphi-\gamma)+F_п(\cos\gamma\cdot\sin\lambda\cos\gamma-\sin\gamma\cdot\cos\lambda\cdot\sin\gamma)} \quad (8)$$

$$\tau_m^п = \frac{6\cdot P_x-3\sigma_m[F_{1\text{-}2}\sin\varphi+F_{2\text{-}3}\sin(\varphi-\Delta)-F_{3\text{-}4}\sin\varphi_1+F_п(\cos\gamma\cdot\sin\lambda\cos\varphi-\sin\gamma\cdot\cos\lambda\cdot\sin\varphi)]}{4\cdot F_п\cdot\cos\gamma\cdot\sin(\varphi-\gamma)} \quad (9)$$

$$\tau_m^\gamma = \frac{6P_z-3\sigma_m\cdot\cos\gamma\cdot\cos\lambda-4\cdot\tau_m^п\cdot F_п\cdot\sin\gamma}{6(F_{1\text{-}2}+F_{2\text{-}3}+F_{3\text{-}4})}, \quad (10)$$

где σ_m – максимальные нормальные контактные нагрузки на передней и задних поверхностях; $\tau_m^п$ и τ_m^γ – максимальные касательные нагрузки соответственно на передней и задних поверхностях пластины; P_z, P_y, P_x – составляющие силу резания; $F_{1\text{-}2}$, $F_{2\text{-}3}$, $F_{3\text{-}4}$ – площади контакта (износа) по главной, переходной и вспомогательной задним поверхностям; $F_п$ – площадь контакта (износа) по передней поверхности (площадь лунки); Δ – угол, определяющий направление действия нормальной силы на переходной задней поверхности; γ – угол схода стружки. На основании анализа контактных нагрузок установлено, что их величины зависят от характера износа и определяют работоспособность инструмента.

Анализ предложенной схемы нагружения срезаемого элемента стружки и формы условной поверхности сдвига при наружном продольном точении позволил получить расчетные зависимости для определения угла сдвига β_1, среднего напряжения на условной поверхности

сдвига $\tau_{сдв}$ и угла схода стружки η :

$$\beta_1 = arctg\left(0{,}75\frac{\sigma_m}{\tau_m^n}\right) + \gamma_{кин} - 45^0 \qquad (11)$$

$$\tau_{сдв} = \frac{F_n\sqrt{0{,}25\sigma_m^2 + 0{,}44\cdot\tau_m^{n2}}\cos\eta\cdot\sin\beta_1}{\sqrt{2}\cdot S\sqrt{1-\sin^2\eta\cdot\sin^2\beta_1}\left[t - r(1-\cos\varphi) + \frac{\pi\cdot r}{360}\sin\varphi\left(\varphi + arcsin\frac{S}{2r}\right) - 0{,}5S\sin\varphi tg\eta\right]} \qquad (12)$$

$$\eta = arctg\left\{\frac{0{,}5r\cdot\sin\varphi\left[1-\cos\left(\varphi+arcsin\frac{S}{2r}\right)\right]}{\cos\gamma\left[t + r(\cos\varphi + 0{,}5\sin\varphi - 1) + 0{,}5S\cos\varphi\sin\varphi\right]}\right\} - \lambda , \qquad (13)$$

где $\gamma_{кин}$ – передний угол в направлении схода стружки, определяемый по формуле (2), в которой μ заменен на $\mu+\eta$; t – глубина резания; S – подача; r – радиус при вершине резца. Расчеты по формуле (12) позволили установить величину $\tau_{сдв}$, которая не зависит от износа и равна 57 кг/мм^2. В результате анализа формулы (13) определены условия получения минимального угла схода стружки.

Кривые " $h_з - \tau$ " позволили установить общее уравнение износа задней поверхности резца:

$$h_з = 0{,}00065 V^{1,36} t^{0,24} S^{0,46} \tau^{0,4} + 8{,}5\cdot10^{-8} t^{-0,58} S^{-1} \tau^{0,0018} V^{2,25} t^{0,34} S^{1,62} , \text{ мм} \qquad (14)$$

Масса изношенного твердого сплава является наиболее объективным и закономерно изменяющимся показателем степени изношенности режущих лезвий резца. Поэтому были проведены ее расчеты по следующим разработанным (с учетом опускания режущих лезвий) формулам:

$$M_n = \lambda\int_{C_{on}}^{C_n}\left[\frac{y_{on}}{2}(x_{on}-x_{oi}) + \int_{x_{on}}^{x_n} y_n(x)\,dx - \int_{x_f}^{x_n} y_c(x)\,dx\right]dz \qquad (15)$$

$$M_{1-2} = \frac{\lambda}{2}(tg\alpha_n - tg\alpha_1)\int_{r}^{a_n}\left[y_n^2 - \sum_{i=1}^{n}(y_{oi}+y_{oi-1})(y_i - y_{i-1})\right]dz \qquad (16)$$

$$M_{2-3} = \frac{\lambda}{2}\int_{0}^{\theta}(tg\alpha_n - tg\alpha_2)\left[y_n''^2 - \sum_{i=1}^{n}(y_{oi}''+y_{oi-1}'')(y_i''-y_{i-1}'')\right]d\varphi \qquad (17)$$

$$M_{3-4} = \frac{\lambda}{2}(tg\alpha_n - tg\alpha_1)\int_{0}^{b_n}\left[y_n'^2 - \sum_{i=1}^{n}(y_{oi}'+y_{oi-1}')(y_i'-y_{i-1}')\right]dx' \qquad (18)$$

где $M_п, M_{1-2}, M_{2-3}, M_{3-4}$ - изношенная масса на передней и главной, переходной, вспомогательной задних поверхностях; λ - плотность инструментального материала; $y_{лп}(x)$ и $y_c(x)$ - профили лунки и стружечной канавки; x_0, x, y_0, y - измеряемые координаты; $c_{оп}, c_п, x_{оп}, x_п, x_ф, \tau, a_п, b_п, \theta$ - пределы интегрирования. Расчеты показали, что отношение изношенной массы передней поверхности к задним может служить одной из характеристик изнашивания резца.

Критерий допустимого износа установлен по удельному съему обрабатываемого металла, массе расхода твердого сплава, вероятности появления скола пластины, силе, температуре резания, шероховатости обработанной поверхности и принят $h_з = 0,8$ мм.

В пятой главе изложены результаты стойкостных экспериментов. Исследования показали, что зависимость "стойкость - скорость резания" носит монотонный характер. Исследовано и установлено влияние стойкости, глубины резания, подачи и износа на скорость резания, подчиняющееся закону:

$$V = \frac{C_v \cdot h_з^z}{T^m \cdot t^x \cdot S^y}$$

Диапазон изменения аргументов: T = 10...60 мин, t = 1...6 мм, S = 0,20...0,62 мм/об, $h_з$ = 0,8...2,0 мм.

Изучено влияние на стойкость геометрических параметров резцов (переднего угла, углов в плане и формы пластины) при t = 2 мм и S = 0,5 мм/об.

Эксперименты показали, что при обработке чугуна марки СЧ 24-44 оптимальная величина угла $\gamma = 0^0$, а для чугуна СЧ 21-40 - $\gamma = +5^0$.

Исследовано влияние углов в плане резцов, оснащенных пластинами с плоской передней поверхностью одинаковой формы, в условиях постоянства угла ε. Установлено, что с уменьшением угла φ от 90^0 до 60^0, при соответственном увеличении φ_1 от 30^0 до 60^0, стойкость резцов повышается в результате уменьшения длины контакта стружки с передней поверхностью резца.

Формы пластин, приведенных в табл.I, и связанные с ними геометрические параметры оказывают значительное влияние на режущие свойства резцов и характеризуются соответствующими поправочными коэффициентами K_φ и Δm_φ. Эксперименты показали, что рез-

Таблица I

Наименование формы пластины	Обозначение	ГОСТ
Правильная трехгранная	01111-160408	19043-73
Правильная трехгранная с задним углом	01331-160308	19045-73
Неправильная трехгранная с отверстием и стружечными канавками на одной стороне	02114-080408	19048-73
Квадратная	03111-120408	19049-73
Квадратная с задним углом	03331-120308	19050-73
Квадратная с отверстием и стружечными канавками на одной стороне	03114-120408	19052-73
Ромбическая с углом 80° с отверстием и стружечными канавками на одной стороне	05114-120408	19059-73
Параллелограммная с углом 55° и стружечными канавками на одной стороне	08116-190610R30	19062-73
Пятигранная с отверстием и стружечными канавками на одной стороне	10114-110408	19065-73
Шестигранная с отверстием и стружечными канавками на одной стороне	11114-090408	19068-73

цы, оснащенные пластинами с плоской передней поверхностью, имеют более высокие режущие свойства по сравнению с пластинами со стружечными канавками. Результаты опытов позволили установить для исследованных форм пластин связь между стойкостью и величиной угла схода стружки.

На примере трехгранной пластины с плоской передней поверхностью показана возможность повышения стойкости (до 40%) путем получения на переходном режущем лезвии прямолинейного участка под углом $\varphi_0 = 72^0$ длиной I мм.

Определено влияние твердости обрабатываемого чугуна на скорость резания и установлен поправочный коэффициент:

$$K_M = \left(\frac{214}{HB}\right)^{1,8}$$

Исследовано влияние состояния режущих пластин, которое учитывалось поправочными коэффициентами K_T и Δm_T. Пластины, шлифованные по всем поверхностям, имеют большую стойкость (в 1,2... 2 раза) по сравнению с пластинами, боковые поверхности которых не шлифованы.

Отклонение диаметрального размера, возникающее при повороте или смене многогранной пластины в корпусе резца, рассчитывалось по предложенной формуле:

$$\Delta y' = \left(\sqrt{\delta^2_{\frac{d_1}{2}} + \delta^2_{\frac{d}{2}} + \delta^2_n + \delta^2_m}\cos\gamma_н + \Delta S \cdot \sin\gamma_н\right)\cdot\cos\psi, \qquad (19)$$

где $\delta_{\frac{d_1}{2}}$ – допуск на половину диаметра отверстия пластины; $\delta_{\frac{d}{2}}$ – допуск на половину диаметра вписанной окружности; δ_n – величина несоосности осей отверстия и вписанной окружности; δ_m – допуск на расстояние от вписанной окружности до вершины пластины: ΔS – погрешность изготовления пластины по толщине. Расчеты показали, что для работы резцами с многогранными пластинами без подналадки необходимо применять пластины высокой степени точности с базированием по трем плоскостям и резцы с бóльшим главным углом в плане и меньшим углом наклона пластины в корпусе резца.

Износостойкое покрытие многогранных пластин карбидом титана, нанесенное термодиффузионным способом, обеспечило повышение стойкости примерно в 7 раз. Этот эффект объясняется характером износа, отличным от износа пластин без покрытия. Действие покрытия продолжается и после его нарушения вследствие "краевого эффекта", препятствующего расширению лунки и фаски износа. Влияние покрытия учитывалось поправочными коэффициентами $K_п$ и $\Delta m_п$.

На основании обобщения результатов стойкостных экспериментов установлена развернутая формула для расчета скорости резания:

$$V = \frac{118{,}6 \cdot h_з^{0{,}16}}{60 \cdot T^{0{,}24+\Delta m_\varphi+\Delta m_т+\Delta m_п} \cdot t^{0{,}18} \cdot S^{0{,}38}} \cdot K_м \cdot K_\varphi \cdot K_\varphi \cdot K_т \cdot K_п, \ м/с \qquad (20)$$

Значения поправочных коэффициентов даны в табл. 2, 3 и 4.

Таблица 2

Обозначение формы пластины	φ	K_φ	K_φ	Δm_φ
1	2	3	4	5
01111	90^0	1,00	1,00	0,00
–"–"–	75^0	1,08	–"–	–"–
–"–"–	60^0	1,22	–"–	–"–
01331	90^0	1,00	1,19	0,04
–"–"–	75^0	1,09	–"–	–"–
–"–"–	60^0	1,21	–"–	–"–
02114	92^0	1,00	1,11	0,04
03111	75^0	1,00	1,37	-0,04
–"–"–	45^0	1,23	–"–	–"–
03331	75^0	1,00	1,01	-0,02

Продолжение таблицы 2

I	2	3	4	5
03331	45^0	I,23	I,0I	-0,02
03II4	45^0	I,00	I,44	0,03
05II4	95^0	-"-	0,87	-0,02
08II6	93^0	-"-	0,99	-0,0I
IOII4	60^0	-"-	I,II	-0,02
IIII4	45^0	-"-	I,24	-0,03

Таблица 3

Характеристика пластины	$K_т$	$\Delta m_т$
Шлифованная по опорной и передней плоскостям	I,00	0,00
Шлифованная по всем поверхностям	I,65	0,07

Таблица 4

Наличие покрытия пластины	$K_п$	$\Delta m_п$
ВК6 без покрытия	I,00	0,00
ВК6 + TiC	I,II	-0,08

Глава 6 посвящена исследованиям силы резания и энергозатрат. Определено влияние скорости резания, глубины резания, подачи, углов резца в плане, формы многогранной пластины, радиуса при вершине резца и износа, что позволило установить следующие формулы для определения:

– составляющих силу резания

$$P_z = 192{,}8 \cdot V^{-0{,}07} \cdot t^{0{,}85} \cdot S^{0{,}68} \cdot K_{\varphi p_z} \cdot K_{hp_z}, \text{ кг} \qquad (2I)$$

$$P_y = 16384 \cdot V^{-0{,}44} \cdot t^{0{,}29} \cdot S^{0{,}78} \cdot \varphi^{-0{,}93} \cdot \gamma^{0{,}30} \cdot K_{\varphi p_y} \cdot K_{hp_y}, \text{ кг} \qquad (22)$$

$$P_x = 1{,}83 \cdot V^{-0{,}24} \cdot t^{1{,}13} \cdot S^{0{,}36} \cdot \varphi^{0{,}90} \cdot \gamma^{-0{,}10} \cdot K_{\varphi p_x} \cdot K_{hp_x}, \text{ кг} \qquad (23)$$

– энергозатрат

$$H_{эз} = 0{,}0735 \cdot V^{-0{,}0} \cdot t^{-0{,}15} \cdot S^{-0{,}38} \cdot K_{\varphi p_z} \cdot K_{hp_z}, \ \frac{\text{КВТ-ЧАС}}{\text{КГ}} \qquad (24)$$

Диапазон изменения аргументов: V = 20...I00 м/мин, t = I...4 мм, S = 0,23...0,7I мм/об, γ = 0,8...2,6 мм, $\varphi = 60^0 ... 90^0$.

Примечание. В формулах (22) и (23) величины φ и γ учитываются только для резцов конструкции ВАЗ, а для других резцов принимать $\varphi = 90^0$ и γ = 0,8 мм.

Значения поправочных коэффициентов приведены в табл. 5 и 6

Таблица 5

Обозначение формы пластины	$K_{\varphi p z}$	$K_{\varphi p y}$	$K_{\varphi p x}$
01331	1,00	1,00	1,00
01111	1,12	1,69	1,48
02114	1,10	2,00	1,36
03114	1,14	2,95	1,08
05114	0,96	1,64	0,78
08116	1,11	1,66	1,31
10114	1,12	3,89	1,42
11114	1,05	2,84	0,95

Таблица 6

Износ h_z, мм	$K_{hp z}$	$K_{hp y}$	$K_{hp x}$
0,0	1,00	1,00	1,00
0,5	1,01	0,85	0,97
0,8	1,02	0,75	0,87
1,0	1,04	0,80	0,94
1,2	1,11	1,45	1,39
1,5	1,27	1,65	1,48

В ходе исследований влияния глубины резания и подачи на силу резания проводилось сравнение трех методов проведения экспериментов: однофакторного, метода "крест" и планирования экспериментов. Установлено, что планирование экспериментов по сравнению с однофакторным методом сокращает число опытов в 6 раз, но снижает точность аппроксимации функции отклика в 2 раза.

Глава 7 содержит расчеты экономической эффективности замены напаянных резцов сборными с многогранными пластинами а также применения рациональных форм пластин, прямолинейного участка переходного режущего лезвия, высокоточных пластин и износостойкого покрытия. Приведены выражения для расчета статей себестоимости и капитальных вложений и исходные данные к расчету. Показано, что годовая экономия от замены напаянных резцов сборными составляет 5180 руб, применения пластин с плоской передней поверхностью вместо пластин со стружечными канавками – 1185 руб, прямолинейного участка переходного режущего лезвия – 287 руб, износостойкого покрытия – 600 руб на каждые 10 тыс. деталей типа валика (D = 150 мм, L = 300 мм).

ОБЩИЕ ВЫВОДЫ

I. Общая и частные методики проведения теоретических и экспериментальных исследований обеспечивают установление режущих свойств и условий эффективной эксплуатации резцов с механическим креплением многогранных пластин.

2. Установлены следующие особенности износа многогранных пластин: превалирующий износ расположен на переходной задней поверхности; износ передней поверхности имеет вид лунки каплеобразной формы; опускание режущих лезвий начинается на вспомогательном и распространяется на переходное и главное режущие лезвия. С уменьшением угла схода и длины контакта стружки с передней поверхностью интенсивность износа уменьшается.

3. Получены аналитические зависимости для расчета:

- геометрических параметров и углов ориентации многогранной пластины в корпусе резца;
- силовых контактных нагрузок на режущей части резца;
- среднего напряжения на условной поверхности сдвига;
- углов сдвига и схода стружки;
- изношенной массы режущей части многогранных пластин в условиях опускания режущих лезвий.

4. Установлен критерий допустимого износа задней поверхности многогранных пластин из твердого сплава марки ВК6 $h_з$ = 0,8 мм на основе изучения закономерностей изнашивания и сопутствующих признаков.

5. Режущие свойства резцов могут быть повышены за счет:

- установления оптимальных углов ориентации режущей пластины в корпусе резца;
- наличия на переходном режущем лезвии пластины прямолинейного участка определенных размеров;
- применения многогранных пластин с плоской передней поверхностью без заднего угла;
- износостойкого покрытия режущих пластин карбидом титана.

6. Исследовано и установлено влияние:

- стойкости, глубины резания, подачи, износа, обрабатываемого чугуна, углов резца в плане, формы, состояния и износостойкого покрытия многогранных пластин на скорость резания;
- скорости, глубины резания, подачи, износа, углов резца в плане, формы пластины и радиуса при вершине на составляющие силу резания;

– скорости резания, глубины резания, подачи, формы и износа многогранных пластин на энергозатраты.

7. Предложены развернутые формулы для расчета скорости резания, составляющих силу резания и энергозатрат в зависимости от исследованных факторов для условий межоперационного наружного продольного точения серых чугунов резцами токарными сборными проходными с механическим креплением многогранных пластин из твердого сплава марки ВК6.

8. Точность получения диаметрального размера детали при обработке резцами с многогранными пластинами зависит от погрешности, возникающей при повороте или смене пластины. Даны рекомендации по снижению этой погрешности.

9. Экономические расчеты и внедрение подтвердили эффективность методов повышения режущих свойств резцов с многогранными пластинами. Результаты работы внедрены на заводах геологоразведочного оборудования и ремонтно-механическом (г. Кемерово) с суммарным годовым экономическим эффектом 26,5 тыс. рублей.

Основное содержание диссертации опубликовано в работах:

I. Петрушин С.И., Зверев Е.К. Прибор для измерения топографии лунки износа на резцах с неперетачиваемыми пластинами. Сб. науч. тр. КузПИ "Прогрессивные технологические процессы в машиностроении". Кемерово, 1976, с. 94...96.

2. Петрушин С.И. Геометрия резцов, оснащенных неперетачиваемыми пластинами с плоской передней поверхностью. Там же, с. 97...100.

3. Воробьев А.Ю., Петрушин С.И. О точности обработки деталей резцами. "Известия ВУЗов. Машиностроение", 1977, №2, с. 138...141.

4. Петрушин С.И., Зверев Е.К. Взаимосвязь между силой резания и контактными напряжениями при наружном продольном точении. Сб. науч. тр. КузПИ "Повышение технологической надежности механической обработки металлов". Кемерово, 1977, с. 123...130.

5. Петрушин С.И. Расчет геометрических параметров резцов с многогранными пластинами. "Известия ВУЗов. Машиностроение", 1978, №1, с. 166...172.

6. Петрушин С.И. Определение массы изношенной части резцов, оснащенных многогранными пластинами. "Вестник машиностроения", 1978, №11, с. 41...43.