

М 194623
Министерство высшего и среднего специального образования СССР

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

НА ДОМ
НЕ ВЫДАЕТСЯ

Надежда Федоровна КОМАРОВА

ИССЛЕДОВАНИЕ СОВРЕМЕННЫХ СПОСОБОВ
ПРОФИЛЬНОЙ ОБРАБОТКИ ТВЕРДОСПЛАВНЫХ
ФАСОННЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ

(Специальность 05.03.03—«Обработка материалов резанием»)

Диссертация написана на русском языке

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Работа выполнена в Московском высшем техническом училище имени Н. Э. Баумана.

Научный руководитель —
доктор технических наук, профессор Г. И. Грановский.

Официальные оппоненты:
доктор технических наук, профессор Гуринов Ф. В.,
кандидат технических наук, доцент Добронович К. В.

Ведущее предприятие — ЭНИМС.

Автореферат разослан « » 1973 г.

Защита 1973 г.
на заседа и механи-
зация пр по адресу:
Москва,

Отзывы заверенные
печатью, ному выше.
С дис теке МВТУ.

Учен М194623
кандидат нов Ю. А.



1194623

Комарова Н.Ф. Исследования

ВВЕДЕНИЕ

специализированного инструментального производства при обработке твердых сплавов встречаются значительные трудности из-за их неудовлетворительной обрабатываемости, особенно при обработке сложных фасонных профилей, например, фасонных твердосплавных резцов.

Для обработки фасонного профиля на твердосплавных пластинах перспективны способы электротехнологии: электроискровой и электрохимический. Высокие технологические показатели этих способов, а также простота настройки на обработку требуемого профиля могут значительно упростить задачу формообразования твердосплавных фасонных поверхностей. Расширение номенклатуры выпускаемых алмазных кругов стандартных фасонных профилей в ряде случаев позволяет использовать их для чистовой обработки задней поверхности фасонных твердосплавных резцов; применение для этой цели электроалмазного шлифования – один из резервов увеличения производительности и сокращения расхода алмазного инструмента.

Широкое внедрение электротехнологии, прежде всего, электроискрового и электрохимического способов в инструментальном производстве сдерживается отсутствием данных о влиянии их на качество обрабатываемого инструмента.

Качество обработки поверхностей фасонных резцов определяет как качество обработанных ими деталей, так и работоспособность резцов в процессе эксплуатации.

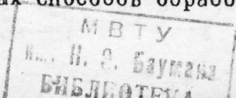
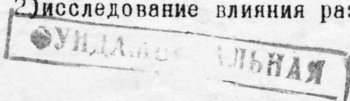
Целью настоящей работы является исследование возможностей применения некоторых способов электротехнологии для обработки профиля задней поверхности фасонных твердосплавных резцов: электроискрового и электрохимического в качестве единственной и окончательной операции; электроалмазного – как способа заточки задней поверхности

Для объективной оценки указанные способы электротехнологии сравнивались с широко применяемыми способами чистовой обработки фасонных твердосплавных резцов – алмазной и абразивной (КЗ) заточкой.

Для достижения этой цели поставлены следующие задачи;

1) исследование качества поверхностей пластин, обработанных на выбранных режимах электроискровым, электрохимическим, электроалмазным, алмазным и абразивными способами с применением металлографического и рентгеноструктурного анализов;

2) исследование влияния различных способов обработки на износо-



стойкость твердого сплава при моделировании резания трением;

3) исследование влияния способов обработки на износ и стойкость фасонных твердосплавных резцов при точении конструкционной стали;

4) проведение технико-экономического анализа эффективности применения способов электротехнологии для обработки фасонных твердосплавных резцов.

Глава I. МЕТОДИКА И УСЛОВИЯ ПРОВЕДЕНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТОВ

В пределах каждого применяемого способа обработки можно достичь лучшего или худшего качества обрабатываемой поверхности, что определяется, прежде всего, затратами рабочего времени. Условием назначения режимов обработки профиля твердосплавных фасонных резцов по пяти принятым в исследовании способам было стремление достичь рациональной зависимости между качеством и себестоимостью обработки. Режимы выбирались исходя из обобщения литературных источников по способам электротехнологии следующих авторов: Лившица А.Л., Мороза И.И., Попилова А.Л., Смоленцева В.П., Терещенко Л.М. и др.

1. электроискровая обработка непрофилированным электродом (ЭИ): станок мод. 453I, электрод-проволока латунная марки Л-62 Ø0,2 мм, напряжение на электродах $U=130$ в, емкость конденсаторов $C=1,2$ мкФ, ток короткого замыкания $J=1,0$ а, скорость перемотки проволоки $v=7-8$ м/сек.

2. электрохимическая обработка (ЭХО): электрохимический профильно-шлифовальный станок "Хитачи" мод. GHL 100 SP, электрод-круг графитовый МПГ-7 Ø150 мм; электролит 10% $NaNO_3 + 0,6\% NaNO_2$, напряжение на электродах $U=7$ в, плотность тока $\rho=130$ а/см², скорость вращения катода $v_{кр.}=25$ м/сек, скорость движения анода $S_{пр.}=1,6$ мм/мин.

3. электроалмазная обработка (ЭАО): заточной станок мод. 3А64Д, модернизированный под ЭАО, источник тока - сварочный генератор ВСГ-3А, круг шлифовальный АЧК - сварочный генератор ВСГ-3А, круг шлифовальный АЧК 150x10x32 АСП12М1 100%, электролит 5% $NaNO_3 + 3\% Na_2PO_4 + 0,5\% NaCO_3 + 0,7\% Na_2B_4O_7 \cdot 10H_2O$; напряжение на электродах $U=6$ в, плотность тока $\rho=50$ а/см²; скорость круга $v_{кр.}=20$ м/сек, подача $S_{пр}=2$ мм/мин, $S_{поп}=0,04$ мм/дв.ход.

4. алмазная заточка (АС): заточной станок мод. 3А64Д. Круг шлифовальный АЧК 150x10x32 АСО12 100% Б1 скорость круга $v=18$ м/сек, подача $S_{пр}=1$ мм/мин, $S_{поп}=0,02$ мм/дв.ход, без охлаждения.

5. абразивная заточка (КЗ): заточной станок мод. 3А64Д. Круг шлифовальный ЧК 125x45x32 К3940СМ1К. Скорость круга $v=15$ м/сек; $S_{пр}=1$ мм/мин; $S_{поп}=0,03$ мм/дв.ход, без охлаждения.

Исследования проводились на двух марках твердых сплавов Т15К6 и ТТ10К8Б;

Профиль фасонного резца обеспечивал получение цилиндрической и конусной поверхностей с углами $\varphi_1=45^\circ$; $\varphi_2=75^\circ$; $\alpha=15^\circ$; $\gamma=0^\circ$; величина горизонтального участка профиля составляла 3,5 мм. ширина резца $b=15$ мм; резец стержневого типа, сечение державки 15×20 мм, с напаянными твердосплавными пластинами.

Влияние способов обработки на износостойкость твердых сплавов исследовалось при моделировании резания трением, а на работоспособность фасонных резцов – при стойкостных испытаниях.

Сопоставимыми мерами износа как при резании фасонными резцами, так и при моделировании резания трением, являются изношенная масса и пройденный рабочий путь. Масса изношенного тела вычислялась на основании линейных величин износа, которые периодически в процессе эксперимента замерялись на малом инструментальном микроскопе МИМ /х30/. Износ фасонного резца характеризовался величиной изношенной массы на горизонтальном участке задней поверхности и суммировался с износом уголков, представлявшим собой местный усиленный износ:

$$M = \frac{A \cdot b \cdot h^2}{2} \approx 0,4690 A \cdot h^2 \quad (1), \text{ при усиленном износе уголков:}$$

$$\varphi_1=45^\circ \quad M_1=0,0039 A \cdot b_1^2 \cdot h_1 \quad (2),$$

$$\varphi_2=75^\circ \quad M_2=0,0014 A \cdot b_2^2 \cdot h_2 \quad (3),$$

где h, h_1, h_2, b, b_1, b_2 соответственно величины износа на горизонтальном участке задней поверхности и на уголках, $\alpha=15^\circ$ – задний угол и A – удельный вес твердого сплава.

При моделировании резания трением в процессе истирания возникала площадка износа, которая увеличивалась с увеличением пути трения. По линейным размерам вычислялась масса изношенного тела, имеющего объем призматоида $M = U \cdot A = A(0,08154 b h^2 + 0,71024 h^3)$ (4), где b и h соответственно ширина истираемой поверхности образца и величина фаски износа. В широком диапазоне изменения скоростей резания, для различных способов обработки задней поверхности и твердых сплавов двух различных марок наблюдалась различная величина износа. Для получения сопоставимых опытных данных резание резцом, а также износ при трении велись до достижения равной длины пути.

Результаты измерений для каждой марки сплава и каждого исследуемого способа обработки в широком диапазоне изменения скоростей резания или скольжения были представлены в виде зависимостей изменения накопленного по массе износа задней поверхности резца, или истираемой поверхности образца с увеличением пути резания или скольжения, т.е. $M = f(L)$. Эти зависимости были аппроксимированы степенной функцией вида $M = CL^n$ (5), где C и n экспериментально определяемые величины.

Для сравнения влияния различных способов обработки профиля фасонных резцов на их износ при изменении режимов резания принималась величина интенсивности износа по массе q , мг/м, которая определена как первая производная функции (5), т.е. $q = \left(\frac{dM}{dL} \right) = C \cdot n \cdot L^{n-1}$ (6), где M , мг, накопленный износ по массе; L , м, путь резания.

Методика моделирования резания трением основана на методике проф. Грановского Г.И. Получение сравнительной картины влияния способов обработки на изменение износостойкости твердых сплавов оценивалось по интенсивности износа истираемых образцов.

Интенсивность износа по массе является количественной характеристикой процесса износа в любой момент его протекания. Зависимости изнашиваемости инструментального материала W и интенсивность нарастания износа q от скорости скольжения при моделировании имеют одинаковый характер. Поэтому влияние способа обработки истираемого образца на износостойкость инструментального материала, как величину обратную изнашиваемости ($B = \frac{1}{W}$), можно характеризовать величиной интенсивности износа q . Причем, по своему физическому смыслу и согласованности с величиной изнашиваемости W интенсивность износа q является достаточно объективной количественной характеристикой процесса износа при моделировании. И при резании, и при моделировании определялась интенсивность износа по массе при длине пути 2500 м.

Глава II. ИССЛЕДОВАНИЕ КАЧЕСТВА ПОВЕРХНОСТИ ТВЕРДЫХ СПЛАВОВ, ОБРАБОТАННЫХ РАЗЛИЧНЫМИ СПОСОБАМИ

Различные способы обработки обуславливаются различными средствами воздействия на обрабатываемую поверхность твердого сплава, что приводит к различному качеству обработанных поверхностей. Это особенно относится к способам электротехнологии, где средством воздействия является электроэнергия, либо непосредственно вводимая в зону обработки, либо преобразованная в другие виды энергии.

Качество поверхности обработанных изделий характеризуется совокупностью целого ряда параметров, определяющих такие эксплуатационные свойства, как износостойкость, усталостную прочность, сопротивление коррозии и т.д.

Исследование качества обработки твердых сплавов электроискровым, электрохимическим, электроалмазным способами и сравнение со способами абразивной и алмазной заточки шло по двум направлениям: 1) исследование микрорельефа обработанной поверхности; 2) исследование физико-механических параметров поверхностного слоя, таких как структура, микротвердость, наличие и глубина измененного слоя, наличие микротрещин и других дефектов обработки, величина и знак остаточных напряжений.

Исследование геометрических параметров обработки осуществлялось на готовых изделиях - фасонных резцах. Определялось влияние способа обработки на шероховатость задней поверхности, режущего лезвия и радиус округления режущего лезвия. Измерения проводились на приборе светового сечения МИС-II.

Исследование изменений физико-механических параметров качества твердых сплавов после различных способов обработки осуществлялось на твердосплавных пластинах средствами металлографического и рентгеноструктурного анализов. При этом использовалось оборудование: металлографический микроскоп с увеличением $\times 100$ и $\times 1500$, рентгеновский дифрактометр УРС-50ИМ и прибор для измерения микротвердости ПМТ-3. По результатам комплексного исследования качества обработки твердых сплавов изучаемыми способами можно сказать что:

1. Электроискровая обработка вызывает структурные изменения в поверхностном слое: превращение фазы WC из гексагональной в кубическую, что регистрируется фазовым анализом. Поверхность характеризуется наличием измененного слоя с нетравящимся кобальтом глубиной 3-5 мк, трещинами отслаивания величиной 15-20 мк. Поверхностный слой имеет значительный разброс микротвердости по сравнению с необработанной пластиной; шероховатость обработанной поверхности стабильна и находится в пределах: задняя поверхность $\nabla 7$, режущее лезвие $\nabla 7$, радиус округления режущего лезвия $\rho = 19$ мк.

При обработке электрохимическим, электроалмазным, алмазным и абразивным способами фазовый анализ не обнаружил структурных изменений в поверхностном слое.

2. Электрохимическая обработка характеризуется наличием благоприятных сжимающих напряжений в WC -фазе, их величина уменьшается в результате ЭХО по сравнению с пластинами в состоянии поставки с $\sigma = -47$ кГ/мм² до $\sigma = -45$ кГ/мм² для Т15К6 и с $\sigma = -25$ кГ/мм² до $\sigma = -22$ кГ/мм² для Т10К8Б. На обработанной поверхности не замечено микротрещин, разброс значений микротвердости меньше, чем после электроискровой обработки. Шероховатость обработанной поверхности нестабильна и характеризуется наличием неравномерно растворившихся участков; шероховатость задней поверхности находится в пределах $\nabla 6 - \nabla 7$; режущего лезвия $\nabla 6 - \nabla 7$; радиус режущего лезвия $\rho = 15 - 19$ мк;

3. Три способа заточки: алмазная, электроалмазная и абразивная показали стабильные результаты по шероховатости обработанной поверхности: задняя поверхность $\nabla 8$, режущее лезвие $\nabla 7 - \nabla 8$, радиус округления режущего лезвия $\rho = 11$ мк при заточке КЗ и $\rho = 11 - 15$ мк при алмазной и электроалмазной.

После алмазной и электроалмазной заточки не обнаружено микро-трещин и других дефектов обработки, значения микротвердости поверхностного слоя стабильны. Остаточные напряжения в поверхностном слое - сжимающие и равны $\sigma = -188 \text{ кг/мм}^2$ для Т15К6 и $\sigma = -132 \text{ кг/мм}^2$ для ТТ10К8Б при алмазной заточке; $\sigma = -129 \text{ кг/мм}^2$ для Т15К6 и $\sigma = -108 \text{ кг/мм}^2$ для ТТ10К8Б после электроалмазной заточки.

Заточка КЗ характеризуется микротрещинами, идущими перпендикулярно обработанной поверхности, величиной до 30 мк; в поверхностном слое возникают растягивающие напряжения $\sigma = +15 \text{ кг/мм}^2$ для Т15К6 и $\sigma = +25 \text{ кг/мм}^2$ для ТТ10К8Б.

Глава III. ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СПОСОБА ОБРАБОТКИ НА ИЗМЕНЕНИЕ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ ТВЕРДОГО СПЛАВА ПРИ МОДЕЛИРОВАНИИ РЕЗАНИЯ ТРЕНИЕМ

Существенное значение в процессе трения и износа при резании имеет износостойкость инструментального материала, определяемая его физико-механическими характеристиками и, в особенности, напряженным состоянием поверхностных слоев трущихся тел. Моделирование трением осуществлялось на токарно-винторезном станке 1К62. Ширина истираемой поверхности образца составляла 2 мм. Образец закреплялся в специальную оправку с оттарированной пружиной, регулирующей силу прижима P образца к болванке из стали 45. Сила P была постоянной в процессе эксперимента и равнялась 15 кг. Скорости вращения болванки находились в пределах 100–300 м/мин; образец истирался, скользя по вращающейся с заданной скоростью цилиндрической поверхности болванки с постоянной продольной подачей $S = 2,0 \text{ мм/об}$. Поверхность болванки перед каждым проходом образца протачивалась, так что образец скользил только по свежей поверхности.

В одинаковых условиях моделирования зависимости интенсивности нарастания износа с изменением скоростей трения для образцов двух марок твердых сплавов носят различный характер.

Для сплава Т15К6 наблюдался экстремальный характер изменения интенсивности износа с увеличением скорости трения, что присуще всем способам обработки истираемого образца. Для сплава ТТ10К8Б в выбранном диапазоне скоростей трения экстремальный характер изменения интенсивности износа не выявляется. По абсолютным величинам интенсивность износа сплава ТТ10К8Б при одинаковых условиях моделирования более чем в 2 раза больше, чем сплава Т15К6. Способ обработки истираемой поверхности образца во многом влияет на изменения абсолютных величин интенсивности износа не меняя характера зависимостей, свойственного определенной марке сплава.

Можно сказать, что наибольшая интенсивность износа для Т15К6 и

для ТТЮК8Б наблюдается после электроискровой и абразивной, наименьшая – после алмазной обработки, а электроалмазная обработка и ЭХО занимают по интенсивности износа промежуточное положение. Влияние способа обработки и скоростей скольжения на интенсивность износа в большей степени наблюдалось для ТТЮК8Б, чем для Т15К6. На выбранной скорости скольжения, например, $v=200$ м/мин принимаем, что величина интенсивности износа q , мг/м, образца Т15К6 после алмазной обработки равна 1, тогда после ЭХО интенсивность увеличивается в 1,25 раза, после ЭАО в 2,2 раза, после КЗ в 2,5 раза, а после электроискровой обработки в 3,2 раза.

На скорости скольжения 150 м/мин сравниваем величины интенсивности износа по массе образцов ТТЮК8Б при различных способах обработки: за единицу принимаем минимальную величину интенсивности – после алмазной обработки, тогда после ЭХО интенсивности увеличивается в 3,6 раза, после ЭАО – в 5 раз, после КЗ – в 6 раз, и после электроискровой обработки приблизительно в 10 раз.

Область оптимальных скоростей скольжения для данных условий моделирования, в которой интенсивность нарастания износа минимальна, для сплава ТТЮК8Б при всех способах обработки истираемых образцов приходилась на 100 м/мин.

Для сплава Т15К6 область оптимальных скоростей приходилась на 150–230 м/мин для алмазной, электрохимической и абразивной обработки, и 170–240 м/мин для электроискровой и электроалмазной обработки. Глава IV. ВЛИЯНИЕ СПОСОБОВ ОБРАБОТКИ ЗАДНЕЙ ПОВЕРХНОСТИ

ФАСОННЫХ ТВЕРДОСПЛАВНЫХ РЕЗЦОВ НА ПРОЦЕСС ИХ ИЗНОСА

Окончательной оценкой качества обработки фасонного резца является максимальный срок его службы, т.е. количество деталей, с заданной точностью и шероховатостью поверхности обработанных за период стойкости, что непосредственно зависит от износа фасонного резца.

Фасонные резцы, задняя поверхность которых была обработана по пяти принятым в исследовании способам обработки: электроискровому ЭИ, электрохимическому ЭХО, электроалмазному ЭАО, алмазному АС и абразивному КЗ, подвергались стойкостным испытаниям на токарно-винторезном станке ИК62 при точении конструкционной стали 45 радиальным врезанием. Точение велось без охлаждения, с неизменной подачей, равной $S=0,1$ мм/об, и в широком диапазоне изменения скоростей резания (v) от 50 до 300 м/мин.

Две исследуемые марки твердого сплава Т15К6 и ТТЮК8Б резко отличаются друг от друга по величине износа. Для равных условий сравнения износ резцов из сплава ТТЮК8Б в 1,5–2 раза больше чем резцов из сплава Т15К6, особенно на скоростях резания выше 150 м/мин.

При скоростях резания 250 и 300 м/мин резцы из сплава ТТ10К8Б не выдерживают принятого в исследовании критерия износа — пути резания $L=2500$ м, интенсивно изнашиваясь, и становятся непригодными к работе. Изучались закономерности, наблюдавшиеся при стойкостных испытаниях резцов после исследуемых способов обработки задней поверхности в широком диапазоне изменения скоростей резания.

Исследовались зависимости накопленного по массе износа $M, \text{мг}$, интенсивности нарастания износа $q, \text{мг/м}$, а также стойкости от скорости резания. Для зависимостей $T-v$ критерием сравнения был взят износ по массе, соответствующий периоду приработки резцов — фаске износа $h_z=0,15$ мм, где влияние качества обработки на износ сказывается наиболее полно.

Для сплава Т15К6 все наблюдаемые зависимости носили экстремальный характер в исследуемом диапазоне скоростей резания.

Для сплава ТТ10К8Б экстремальный характер зависимостей $M-v$, $q-v$ и $T-v$ не выявлялся.

По абсолютным величинам интенсивность износа резцов из сплава ТТ10К8Б более чем в 2 раза выше, чем резцов Т15К6.

При равных: критерии износа и способе обработки — стойкость резцов из Т15К6 в 2 и более раз выше стойкости резцов из ТТ10К8Б. Например, абразивная заточка: при критерии износа $M=0,13$ мг, и скорости резания $v=50$ м/мин, стойкость резцов Т15К6 составляла $T=46,3$ мин, а резцов ТТ10К8Б — только $T=21,5$ мин.

Влияние способов обработки на износ и стойкость твердосплавных фасонных резцов наиболее четко выявляется в зависимостях условного количества обработанных деталей за период стойкости инструмента, т.е. пути резания, пройденного резцом, от скорости резания ($vT-v$)

По этим же зависимостям определялись оптимальные скорости резания резцами, задняя поверхность которых обработана исследуемыми способами.

Для сплава Т15К6 зависимость $vT-v$ имеет экстремальный характер для всех способов обработки задней поверхности.

Наиболее эффективной обработкой для резцов Т15К6 оказалась электрохимическая, в этом случае наблюдалась максимальная длина пути резания, пройденная резцом за период стойкости; принимая ее за 100% можно оценить влияние на износ других способов обработки. Длина пути резания резцами, обработанными алмазной заточкой и электроалмазной составляла 51,5%, абразивной — 45,6%, а электроискровой 38,6%

Для резцов, обработанных ЭХО и ЭАО, оптимальной является скорость 150 м/мин — максимум vT ; для заточек АС и КЗ, а также электроискровой обработки задней поверхности оптимальная скорость резания — 100 м/мин.

Для резцов ТТЮК8Б зависимости $vT-v$ не экстремальны в исследованном диапазоне скоростей резания, хотя тенденция к экстремуму наблюдается в интервале от 100 до 50 м/мин.

Максимальное количество условно обработанных деталей для резцов ТТЮК8Б было после алмазной заточки - 100%; меньшие преимущества по сравнению с алмазной заточкой имели электроалмазная заточка - 56%, электрохимическая обработка - 57,3%. Наименьшая длина пути резания, а следовательно и условное количество обработанных деталей, наблюдалась у резцов ТТЮК8Б, задняя поверхность которых была обработана электроискровым - 46,6% и абразивным способами - 50,6%.

Для резцов ТТЮК8Б оптимальной является скорость резания 50 м/мин, на которой наблюдалась максимальная выработка за период стойкости при всех исследуемых способах обработки задней поверхности.

Глава V. МАТЕМАТИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ ЭКСПЕРИМЕНТА

При математической обработке ставилась задача охватить результаты опыта наиболее простой формулой, которая позволила бы проанализировать влияние скорости и пути резания на износ задней поверхности резцов после любого из исследуемых способов обработки и, тем самым, оценить преимущество каждого способа.

Вывод аппроксимирующей формулы на основании анализа статистических данных осуществлялся по методу наименьших квадратов на классе линейных, степенных и показательных функций нескольких переменных на электронно-вычислительной машине Минск -22.

По среднеквадратичному отклонению вычисленных значений функций от экспериментальных оценивалась точность приближения каждой из аппроксимирующих функций к экспериментальной зависимости; наибольшая точность приближения оказалась при аппроксимации показательной функцией $M = C \cdot A^L \cdot B^v$ (7), где M - износ задней поверхности (мг), L, M, v (м/мин) - путь и скорость резания; A, B, C - коэффициенты, зависящие от условий резания и от применяемого способа обработки профиля фасонного резца.

При выборе скоростей резания определяющей является зависимость стойкость - скорость резания до достижения выбранного критерия - износа по массе задней поверхности - для каждого из исследованных способов обработки.

$$T = \frac{M_A}{C \cdot A^L \cdot v^{(1+C)}} \quad (8), \text{ где } T_{\text{мин.}} - \text{стойкость резца; } M$$

мг - величина износа задней поверхности, A и C - коэффициенты, определяемые качеством обработки фасонного резца и режимами резания.

Глава VI. ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ СПОСОБОВ ОБРАБОТКИ ФАСОННЫХ ТВЕРДОСПЛАВНЫХ РЕЗЦОВ

Критерием оценки уровня технологии механической обработки дета-

лей в машиностроении является технологическая себестоимость в машиностроении является технологическая себестоимость операции. Внедрение новых технологических процессов в производство фасонных твердосплавных резцов оказывает различное влияние на изменение экономических показателей как в сфере производства, так и в сфере потребления инструмента, в связи с изменением потребительских свойств — стойкости, производительности.

В задачи настоящего исследования входило проведение анализа экономической эффективности способов электротехнологии: электроискрового, электрохимического и электроалмазного для обработки задней поверхности фасонных твердосплавных резцов Т15К6 с учетом изменения затрат как в сфере производства, так и в сфере потребления инструмента. Определение себестоимости проводилось только для операций обработки профиля задней поверхности фасонного резца, все остальные затраты — изготовление державок, напайка пластин, шлифовка передней поверхности, в том числе и стоимость твердосплавных пластин в виду их одинаковости для всех способов обработки в расчете не учитывались.

Сравнивались пять технологических вариантов обработки профиля фасонных твердосплавных резцов: электроискровой (ЗИ) и электрохимический (ЭХО) способы принимались в качестве единственной и окончательной операции; электроалмазный (ЭАО), абразивный (КЗ) и алмазный (АС) принимались в качестве чистовой обработки профиля — снимаемый припуск составлял 0,4 мм — с предварительным снятием основного объема твердого сплава абразивным шлифованием кругом КЗ крупной зернистости; т.е. имелись: ЗИ, ЭХО, $\frac{КЗ}{ЭАО} \cdot \frac{КЗ}{АС}$ и $\frac{КЗ}{АС}$. Базовым для сравнения был принят вариант $\frac{КЗ}{АС}$. Расчеты производились для годовой программы выпуска резцов — 100 штук.

Определение экономической эффективности того или иного способа обработки проводилось сравнением затрат на формообразование фасонного профиля и изменение затрат у потребителя инструмента, связанных с различной стойкостью резцов в процессе эксплуатации, что во многом определяется качеством обработки режущих поверхностей. Экономическая эффективность внедрения для каждого из указанных технологических вариантов в сравнении с базовым (КЗ) определялась по формуле
$$Э = \frac{(C_1 + EK_1) \cdot \eta_1}{(C_2 + EK_2) / A_n + (P_1 - P_2) \cdot n \cdot A_n^{AC}} \quad (9)$$
 и представлена в таблице

Знак /—/ показывает убыточный экономический эффект.

№ п/п	Наименование показателей	Ед. изм.	Технологические варианты				
			КЗ АС	ЭИ	ЭХО	КЗ ЭАО	КЗ КЗ
1.	Количество резцов принятое к расчету, A_n	шт	100	100	100	100	100
2.	Капитальные вложения, K	руб	2,587	76,3	17,984	2,885	2,524
3.	Себестоимость (по основным изменяющимся статьям), C	руб	16,518	47,725	9,841	16,317	17,093
4.	Приведенные затраты ($C + EK$)	руб	16,928	60,696	12,998	16,807	17,522
5.	Коэффициент эквивалентности фасонного резца, обработанного различными способами, по его стойкости η	-	1,0	0,836	3,16	0,923	0,898
6.	Расходы по обработке изделий у потребителя инструментария	руб	45,0	54,0	14,2	48,7	50,1
7.	Сумма годового экономического эффекта внедрения в сравнении с базовым вариантом, Σ	руб	0	-60,555	71,294	-4,883	-7,42

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ:

Проведенные исследования позволили оценить влияние способов электротехнологии: электроискрового, электрохимического, электроалмазного для обработки задней поверхности фасонных твердосплавных резцов в сравнении с алмазным и абразивным, на качество обработки режущих элементов, износостойкость твердых сплавов и работоспособности резцов в процессе эксплуатации.

1. Исследованиями микрогеометрии режущих элементов фасонного резца установлено, что

а/класс чистоты задней поверхности составляет: $\nabla 7$ после ЭИ, $\nabla 6$ после ЭХО, $\nabla 8$ после ЭАО, АС и КЗ.

б/класс чистоты режущего лезвия составляет: $\nabla 7$ после ЭИ, $\nabla 6$ после ЭХО, $\nabla 7$ после ЭАО, АС и КЗ.

в/радиус округления режущего лезвия находится в пределах:

$\rho = 19$ мк после ЭИ, $\rho = 15-19$ мк после ЭХО, $\rho = 11$ мк после КЗ и $\rho = 11-15$ мк после АС и ЭАО.

2. Металлографическими исследованиями /x1500/ установлено, что после электроискровой обработки появляется измененный поверхност-

ний слой с нетравящимся кобальтом величиной 1-3 мк для Т15К6 и 3-5 мк для ТТ10К8Б, трещинами отслаивания глубиной до 15-20 мк. ТТ10К8Б замечен слой с нетравящимся Co величиной 1-3 мк.

После электрохимической, алмазной и электроалмазной обработок измененного слоя, микротрещин не обнаружено.

Установлено, что в результате различных способов обработки изменяется микротвердость поверхностного слоя. И для Т15К6, и для ТТ10К8Б микротвердость обработанной поверхности после ЭИ понижается на 10-12% по сравнению с исходной структурой, после ЭХО - на 2-4%, после КЗ - на 10-8%, после алмазной и ЭАО остается без изменения.

4. Рентгеновским анализом установлено, что ЭИ вызывает в поверхностном слое сплава структурные изменения: WC -фаза превращается из гексагональной в кубическую; остаточные напряжения в поверхностном слое - растягивающие. После ЭХО остаточные напряжения - сжимающие и снижаются с $\sigma = -47 \text{ кг/мм}^2$ до $\sigma = -45 \text{ кг/мм}^2$ для Т15К6 и с $\sigma = -25 \text{ кг/мм}^2$ до $\sigma = -22 \text{ кг/мм}^2$ для ТТ10К8Б. После ЭАО замечены остаточные напряжения сжатия $\sigma = -129 \text{ кг/мм}^2$ для Т15К6 и $\sigma = -108 \text{ кг/мм}^2$ для ТТ10К8Б; после заточки АС - остаточные напряжения сжатия величиной $\sigma = -188 \text{ кг/мм}^2$ для Т15К6 и $\sigma = -132 \text{ кг/мм}^2$ для ТТ10К8Б. Заточка КЗ вызывает напряжения - растяжения в поверхностном слое $\sigma = +15 \text{ кг/мм}^2$ для Т15К6 и $\sigma = +25 \text{ кг/мм}^2$ для ТТ10К8Б.

5. В результате комплексного исследования параметров качества обработки установлено, что лучшие показатели наблюдаются после ЭХО, АС и ЭАО; худшие - после КЗ и ЭИ.

6. Исследованиями влияния способов обработки на изменение износостойкости твердых сплавов по оценке интенсивности нарастания износа установлено, что минимальная интенсивность наблюдалась после обработки АС и для Т15К6, и для ТТ10К8Б. Принимая q , мг/м после АС за единицу, для ТТ10К8Б величины интенсивностей возросли: после ЭХО в 3,6 раза, после ЭАО - в 5 раз, после КЗ в 6 раз и после ЭИ - в 10 раз; для Т15К6 интенсивность после АС равна 1, тогда после ЭХО интенсивность возросла в 1,25 раза, после ЭАО в 2,2 раза, после КЗ в 2,5 раза и после ЭИ в 3,2 раза. Таким образом максимальные величины интенсивностей наблюдаются после электроискровой и абразивной обработок.

7. При моделировании трением установлено, что по абсолютным величинам при равных условиях сравнения интенсивность износа сплава ТТ10К8Б более, чем в 2 раза превосходит Т15К6 и более зависит от способов обработки и скоростей скольжения.

8. Установлены скорости скольжения, при которых наблюдалась минимальная интенсивность износа при моделировании; для ТТЮК8Б при всех способах обработки истираемой поверхности - 100 м/мин; для ТТ5К6 - 150-200 м/мин.

9. По зависимостям интенсивности нарастания износа задней поверхности и стойкости резцов при изменении скоростей резания, установлено, что при равных условиях - способе обработки и критерии износа - интенсивность износа резцов ТТЮК8Б более чем в 2 раза выше, а стойкость соответственно в 2 раза ниже, чем у резцов ТТ5К6.

10. По зависимостям пути резания, пройденного за период стойкости, от скоростей резания (v - v) установлено, что наилучшим способом обработки резцов ТТ5К6 является ЭХО, при котором наблюдалась максимальная выработка в штуках условных деталей - 100%. После обработки резцов АС и ЭАО выработка снизилась до 51,5%, после КЗ - 45,6% и после ЭИ - только 38,6%; для резцов ТТЮК8Б наилучшей была обработка АС - 100% условных деталей, меньшие преимущества наблюдались после ЭХО - 57,3%, после ЭАО - 56%, после КЗ - 50,6% и после ЭИ - 46,6%.

11. Установлены оптимальные скорости резания: для резцов ТТЮК8Б при всех способах обработки задней поверхности $v=50$ м/мин; для резцов ТТ5К6 после ЭХО и ЭАО $v=150$ м/мин, после ЭИ, КЗ и АС $v=100$ м/мин.

12. Выведена формула стойкости от скорости резания и величина износа для каждого из исследованных способов обработки задней поверхности.

13. Проведенным технико-экономическим анализом способов электро-технологии по изменению затрат в сфере производства, и в сфере потребления установлено, что для принятых условий расчета наиболее эффективным для обработки профиля фасонных твердосплавных резцов является ЭХО, показавший положительный экономический эффект 71,3 руб; остальные технологические варианты дали убыточную экономию по сравнению с базовым $\frac{КЗ}{АС}$, которая составила: для

$\frac{КЗ}{ЭАО}$ - 4,9 руб, для $\frac{КЗ}{КЗ}$ - 7,4 руб, для ЭИ - 60,6 руб.

Основные положения диссертации опубликованы в работах:

1. Комарова Н.Ф., Королев Н.И. Стойкость фасонных твердосплавных резцов, обработанных электрофизическими и электрохимическими способами (рекомендации) ОНТИ НКТИМаш м.1972

2. Комарова Н.Ф. Влияние опособа заточки задней поверхности на износ и стойкость фасонных твердосплавных резцов (рекомендации) ОНТИ ПКТИМаш, М. 1972 г.

3. Королев Н.И., Комарова Н.Ф., Беккер Г.Н., Отвагина Т.В. Электрохимические и электрофизические методы обработки для изготовления твердосплавного режущего инструмента (руководящий материал)

М. 1972 г.