

ХАРЬКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ

На правах рукописи

Магазеев Михаил Геннадьевич

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ
ПРОФИЛЬНЫХ ИНСТРУМЕНТОВ ИЗ СВЕРХТВЕРДЫХ И
КЕРАМИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ ЗА СЧЕТ СОЧЕТАНИЯ
ЭЛЕКТРОЭРОЗИОННОЙ И АЛМАЗНОЙ ОБРАБОТКИ

Специальность 05. 03. 01 - процессы механической
обработки, станки и
инструменты

Автореферат диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук.



Харьков, 1997.



00737304 (0)

Диссертация является ПУБЛИКОВАНОЙ

Работа выполнена на кафедре "Резание материалов и режущие инструменты"
Харьковского государственного политехнического университета

Научный руководитель: доктор технических наук, профессор
Грабченко Анатолий Иванович

Официальные оппоненты: доктор технических наук, профессор
Внуков Юрий Николаевич

кандидат технических наук
Доброскок Владимир Ленимирович

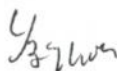
Ведущее предприятие: Институт машин и систем АН Украины
и Минмашпрома Украины

Защита состоится 12 июня 1997 года
в 14 часов на заседании специализированного
ученого Совета Д 02. 09. 01 в Харьковском
государственном политехническом университете
по адресу 310002, г. Харьков, ул. Фрунзе, 21.

С диссертацией можно ознакомиться в
библиотеке Харьковского государственного поли-
технического университета

Автореферат разослан 8 мая 1997 г.

Ученый секретарь
специализированного ученого Совета

 Узунян М. Д.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность проблемы. Устойчивой тенденцией развития современного машиностроения является постоянный рост использования режущих инструментов из сверхтвердых материалов. Однако применение этих инструментов в значительной степени сдерживается высокой трудоемкостью их изготовления. Это вызвано чрезвычайно высокой твердостью поликристаллов сверхтвердых материалов (ПСТМ) и минералокерамики (МК), повышенной хрупкостью, чувствительностью к механическим и термическим ударам.

В настоящее время для обработки ПСТМ и МК широко применяется алмазное шлифование свободным или связанным абразивом. Однако вследствие незначительной разницы твердостей обрабатываемого и инструментального материала этот процесс характеризуется существенной силовой и тепловой напряженностью, большим расходом алмазов и высокой трудоемкостью, которая еще более возрастает при обработке больших площадей или сложных поверхностей, безвозвратной потерей значительной части дорогостоящего материала пластины.

К потенциальным преимуществам электроэрозионной обработки (ЭЭО) относятся возможность прецизионного изготовления деталей сложной пространственной формы, отсутствие значительных механических усилий, независимость выходных технологических показателей процесса от твердости и прочностных характеристик обрабатываемого материала. Реализация этого технологического потенциала позволила бы производить экономичный раскрой поликристаллов СТМ и МК, а также изготавливать из них фасонные лезвийные инструменты, использование которых дает значительный экономический эффект.

Цель и задачи исследований. Целью диссертационной работы является повышение эффективности технологии изготовления фасонных лезвийных инструментов из ПСТМ и МК за счет сочетания электроэрозионных и алмазных методов обработки.

Для достижения поставленной цели были решены следующие задачи:

- исходя из анализа способов получения, составов и свойств различных типов ПСТМ и МК и моделирования структуры, произведена их классификация по объемному содержанию электропроводных включений и определена возможность применения к ним ЭЭО;
- изучены физические особенности воздействия электрического разряда на исследуемые материалы;
- исследованы основные закономерности процессов электроэрозионного вырезания и ротационной ЭЭО и определены оптимальные условия обработки ПСТМ и МК;

- разработан рациональный технологический процесс изготовления фасонных инструментов из сверхтвердых и керамических материалов;
- произведено сравнение эксплуатационных свойств режущих инструментов, изготовленных с применением ЭЭО и путем алмазного шлифования;
- определена область эффективного использования ЭЭО при изготовлении режущих инструментов из ПСТМ и МК.

Общая методика исследований. Методической и теоретической базой исследований являются основные закономерности алмазного шлифования ПСТМ и МК, общие принципы теории электрической эрозии материалов, основные положения математического моделирования с применением ЭВМ, теории вероятностей и разделов математического анализа, методики электронной микроскопии и энергодисперсионного спектрального анализа. Эксперименты выполнялись на электроэрозионном вырезном станке с использованием специально разработанных приспособлений и современной контрольно-измерительной аппаратуры. При расчетах и обработке данных экспериментов использовалась ЭВМ.

Научная новизна диссертации:

1. Произведена классификация различных способов синтеза ПСТМ и МК по количеству вводимых электропроводных технологических добавок и остаточных примесей и путем моделирования их структуры установлено критическое объемное содержание электропроводных соединений (примерно 3.6% об.), при котором в материале начинает возникать сеть токопроводящих каналов, и он становится пригодным для ЭЭО.

2. Установлены физические особенности механизма удаления материала под действием электрического разряда применительно к поликристаллам СТМ и МК, исследованы основные закономерности процессов электроэрозионного вырезания и ротационной ЭЭО этих материалов. Доказана целесообразность комбинации указанных процессов.

3. Разработана комплексная технология эффективного изготовления сложнопрофильных прецизионных инструментов из токопроводящих ПСТМ и МК, включающая в себя электроэрозионную обработку и алмазное шлифование.

Практическая ценность полученных в диссертационной работе результатов определяется возможностью непосредственного применения их на производстве и складывается из:

- создания предпосылок для разработки двухстадийного метода формирования рабочих поверхностей инструментов из ПСТМ и МК;
- определения условий эффективного использования ЭЭО для конкретных марок сверхтвердых и керамических материалов;
- разработки рациональной технологии изготовления профильных инструментов из ПСТМ и МК, включающей в себя алмазное шлифование и электроэрозионную обработку.

Апробация работы. Основные положения и результаты, представленные в диссертации, докладывались на заседаниях научного семинара "Физика процессов резания сверхтвердыми инструментами" Харьковского государственного политехнического университета, на международных научно-технических семинарах "Интерпартнер" в г. Алушта в 1992 - 1996 гг., а также на международных научно-технических конференциях "MicroCAD" в г. Харькове в 1993 - 1997 гг. и в г. Мишкольце (Венгрия) в 1997 г.

Диссертация полностью докладывалась на заседаниях кафедры "Резание материалов и режущие инструменты" Харьковского государственного политехнического университета, кафедры "Металлорежущие станки и инструмент" Запорожского технического университета.

Реализация результатов работы. Изготовленные по предлагаемой в диссертации технологии с применением ЭЭО профильные алмазные резцы применяются на Харьковском ПО "Радиоэлементы" при обработке фасонных деталей из медных сплавов, а также на Чебоксарском ПО им. В.И. Чапаева и АОЗТ "Вингз" (г. Чебоксары) при точении деталей из органического пластика "волокнит".

Публикации. По материалам представленных в диссертации исследований опубликовано 8 научных работ.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, шести глав, общих выводов, списка литературы и приложений. Работа содержит 207 страниц машинописного текста, 78 рисунков, 44 таблиц, список литературы из 182 наименований.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Первая глава. На основе сравнения технологических возможностей различных способов обработки поликристаллов СТМ и МК сделан вывод о том, что наиболее перспективным методом для изготовления сложнопрофильных инструментов из этих материалов является электроэрозионная обработка.

Структура большинства марок сверхтвердых и керамических материалов представляет собой матрицу из сросшихся диэлектрических зерен основной фазы, в промежутках между которыми располагаются электропроводные технологические добавки, вводимые для облегчения процесса синтеза и улучшения эксплуатационных свойств.

Из работ отечественных ученых Гурвича Р.А., Устинцева В.М., Кравчука П.И., Моденова В.П., а также зарубежных исследователей Сриг Г., Konig W., Steinmetz K., Lach H. и других известно, что ЭЭО успешно применяется для резки двухслойных ПСТМ на заготовки требуемой формы и при изготовлении дереворежущих инструментов. Высокая эффективность этого процесса побудила фирмы General Electric, Nippon Tungsten Co и концерн De Beers разработать

новые марки сверхтвердых поликристаллических материалов и минералокерамики, которые обладают повышенной обрабатываемостью электроэрозионными методами несмотря на некоторое снижение эксплуатационных свойств. Однако в целом процесс ЭЭО поликристаллов СТМ и МК исследован еще недостаточно. Имеющиеся в литературе сведения об эффективном использовании ЭЭО носят, как правило, рекламный характер. Они касаются обработки отдельно взятых марок ПСТМ и МК. Не изучен механизм воздействия электрического разряда на эти материалы, которые состоят главным образом из неэлектропроводных соединений, не исследованы основные закономерности и особенности процесса их электроэрозии, не установлены оптимальные режимы обработки, не определены возможности и области предпочтительного применения методов электроэрозионной обработки или алмазного шлифования.

Исходя из вышеизложенного, сформулированы основная цель и задачи исследования.

Вторая глава. Для исследований были отобраны такие марки отечественных ПСТМ и МК, которые имеют достаточно крупные размеры (более 8 мм). Это поликристаллы на основе алмаза АТП и СКМ-Р, на основе КНБ - Композит-05 и Томал-10 и нитридкремниевая инструментальная минералокерамика Силпнит-Р.

Изучение механизма воздействия единичного электрического разряда на поликристаллы СТМ и МК производилось на специальной установке, состоящей из генератора единичных импульсов и приборной стойки, на которой закреплялись электрод-инструмент (вольфрамовая игла) и исследуемый образец.

Исследование процесса электроэрозионного вырезания проволочным электродом-инструментом производилось на станке модели 4732Ф3М, оснащенном генератором ГКИ 200 - 300 А и устройством ЧПУ 2М43.

Для реализации схемы ротационной ЭЭО на столе этого станка было смонтировано специальное приспособление, состоящее из электродвигателя с регулируемой частотой вращения и шпиндельного узла с самоустанавливающимися гидродинамическими подшипниками скольжения.

Описаны общие условия проведения экспериментов и методика определения выходных показателей процесса электроэрозионной обработки и алмазного шлифования ПСТМ и МК.

Третья глава. Поскольку сами по себе алмаз и кубический нитрид бора, а также соединения, являющиеся основной фазой оксидной (Al_2O_3), нитридной (Si_3N_4) и хромистой (Cr_2O_3) минералокерамики, являются диэлектриками, то поликристалл в целом может быть электропроводным только в том случае, если в нем присутствует достаточное количество токопроводящих соединений.

Путем моделирования структуры ПСТМ и МК установлено критическое объемное содержание таких соединений K , при котором в матрице, состоящей из сросшихся диэлектрических зерен, начинает возникать сеть токопроводящих

каналов, и материал в целом становится электропроводным, а значит и пригодным для ЭЭО:

$$K = 1 - \frac{\pi\sqrt{2}(81 - 40\sqrt{3})}{54} \approx 0.036 = 3.6\% \text{ об} \quad (1)$$

Исходя из этого критерия произведена классификация различных способов синтеза ПСТМ и МК по количеству вводимых токопроводящих технологических добавок, и оценена возможность применения к таким материалам электроэрозионной обработки. Установлено, что ЭЭО могут подвергаться поликристаллы СТМ, полученные каталитическим синтезом из графита или гексагонального нитрида бора и спеканием зерен алмаза или КНБ с металлической связкой, а также смешанная, хромистая и нитридкремниевая минералокерамика, легированная карбидами или нитридами тугоплавких металлов.

Исследование воздействия единичного разряда на исследуемые материалы показало, что форма лунки на поликристаллах СТМ существенно отличается от формы лунки на стали Р6М5 и керамике Силинит - Р. В последнем случае лунка получается гладкой правильной формы с явно выраженным валиком по краю, что свидетельствует об удалении материала преимущественно в жидком состоянии. При обработке поликристаллов СТМ такого валика не наблюдается, а внутренняя поверхность лунки имеет неровный, зазубренный микропрофиль, сформированный, по всей видимости, зернами исходного материала. Кроме того в шламе, образовавшемся после электроэрозионной обработки поликристаллов, обнаружены как отдельные зерна ПСТМ, так и их осколки.

Исходя из этого предложен следующий механизм съема материала, рассматриваемый как совокупность нескольких процессов:

- 1) откалывание и выпадение отдельных зерен СТМ из общей матрицы поликристалла вследствие взрывного испарения и расплавления окружающей их металлической связки и токопроводящих примесей;
- 2) испарение и термическая деструкция зерен при соприкосновении их с высокотемпературной плазмой электрического разряда;
- 3) хрупкое термораскалывание зерен в результате термических ударов, т.е. вследствие их сильного разогрева при прохождении электрического импульса и последующего быстрого охлаждения рабочей жидкостью.

Следует отметить, что высокие гидродинамические ударные нагрузки, возникающие при электрическом разряде в жидкости, дополнительно способствуют более интенсивному протеканию первого и третьего процессов.

Конкретное соотношение между указанными процессами зависит от теплофизических характеристик обрабатываемого материала, его структуры, параметров электрического импульса, а также условий обработки.

Установлено, что для алмазных ПСТМ объем лунки от единичного разряда существенно меньше, чем в случае обработки поликристаллов КНБ и керамики Сипинит-Р. Исходя из этого можно предположить более низкую обрабатываемость алмазных поликристаллов, что и подтверждается дальнейшими исследованиями. Мелкозернистые поликристаллы СТМ (Композит-05, СКМ-Р) имеют больший объем лунки, чем крупнозернистые (Томал-10, АТП), поскольку крупные зерна прочнее удерживаются в общей массе материала. Причем в случае обработки крупнозернистых поликристаллов при достаточно малой энергии импульса лунка может не образовываться совсем, т. к. мощности одного разряда не хватает, чтобы удалить зерно СТМ большого размера.

Четвертая глава. Изучение процесса электроэрозионной обработки ПСТМ и МК проволочным электродом показало, что основные закономерности этого процесса в общих чертах соответствуют классическим законам ЭЭО. Однако были установлены и некоторые особенности этого процесса, обусловленные специфическим механизмом удаления припуска для этих материалов.

Установлено наличие минимального порогового значения энергии электрического импульса W_{M1} , при котором не происходит заметного разрушения зерен диэлектрической матрицы поликристалла, и после удаления связки или токопроводных включений на величину, большую критического пробивного расстояния между электродами, обработка прекращается совсем (зона I на рис.1, а). При этом проволочный электрод-инструмент скользит по вершинам зерен без возбуждения разрядов и удаление материала не происходит. Для алмазных ПСТМ пороговая энергия импульса значительно меньше (0,01-0,07 мДж), чем для поликристаллов КНБ (0,4-2,2 мДж), т.к. зерна алмаза вследствие графитизации приобретают электропроводные "оболочки" и могут воспринимать на себя электрические разряды. Уменьшение размера зерна поликристалла СТМ приводит к соответствующему снижению пороговой энергии импульса.

Обработка с энергией импульса от W_{M1} до W_{M2} (зона II) происходит главным образом за счет процессов испарения, термодеструкции и термораскалывания зерен СТМ. Это зона чистовых режимов ЭЭО.

Процесс удаления материала в III зоне осуществляется в основном за счет выпадения целых зерен вследствие выгорания окружающей их связки. При этом производительность обработки может значительно превысить производительность обработки однородных материалов, т. к. нет необходимости весь удаляемый объем переводить в жидкое или парообразное состояние, что существенно снижает энергоёмкость процесса. Это зона черновых режимов ЭЭО. Следует отметить, что в этой зоне производительность обработки поликристаллов КНБ значительно выше, чем алмазных поликристаллов. Это объясняется высокой теплопроводностью алмаза, вследствие чего преобладающая доля энергии импульса поглощается алмазными зёрнами. При этом объем расплавляемой и удаляемой связки,

Обобщенная зависимость производительности электроэрозионного вырезания и шероховатости обработанной поверхности от энергии импульса

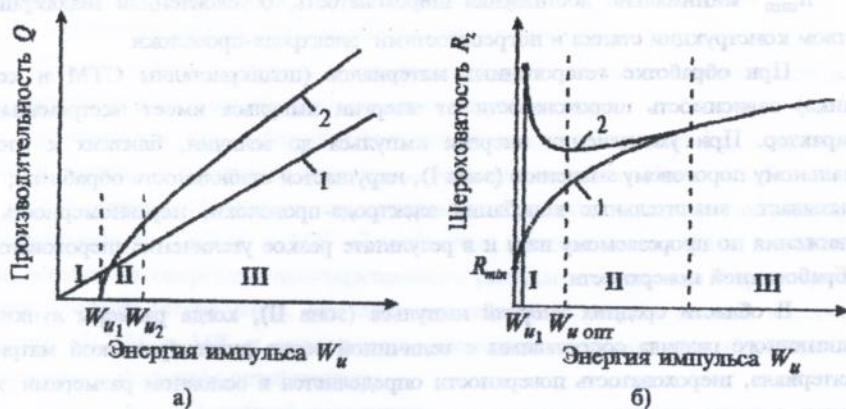


Рис. 1.

- 1 - для однородных материалов (металлы и сплавы);
2 - для гетерогенных материалов (поликристаллы СТМ)

а значит и количество выпавших целых зерен будет существенно меньше, чем при обработке нитридных поликристаллов.

Обработка крупнозернистых марок поликристаллов СТМ происходит медленнее, чем мелкозернистых, так как крупные зерна прочнее удерживаются в общей массе материала.

Исследованиями установлено, что для достижения максимальной скорости вырезания нужно использовать режимы с повышенной энергией импульса, электрод-проволоку диаметром 0,25 - 0,30 мм, прямую полярность, обработку производить в водной среде и по возможности пакетом пластин, суммарная высота которого не превышает 15 мм. При этом производительность обработки поликристаллов АТП составляет 10,5 мм²/мин, СКМ-Р - 13 мм²/мин, Композита-05 - 72 мм²/мин, Томала-10 - 34 мм²/мин, керамики Силинит-Р - 29 мм²/мин

Специальные исследования, выполненные на электронном микроскопе при увеличении до 2000 раз, показали, что даже в случае обработки на самых грубых режимах ($W_u = 13,5$ мДж) трещины на исследуемых материалах не образуются.

Зависимость шероховатости обработанной поверхности от энергии импульса при электроэрозионном вырезании также имеет различный вид для однородных и гетерогенных материалов (рис. 1,б). В первом случае, при обработке металлов и сплавов, ее можно теоретически описать, как показано в работах Золотых Б.Н., Лившица А.Л., Смоленцева В.П., Попилова Л. Я., параболической зависимостью с показателем степени 1/3:

$$R_z = K_1 \sqrt[3]{W_u} + R_{\min}, \quad (2)$$

где K_1 – коэффициент, учитывающий обрабатываемый материал;

R_{\min} – минимально достижимая шероховатость, обусловленная несовершенством конструкции станка и погрешностями электро-проволоки.

При обработке гетерогенных материалов (поликристаллы СТМ и керамика) зависимость шероховатости от энергии импульса имеет экстремальный характер. При уменьшении энергии импульса до величин, близких к минимальному пороговому значению (зона I), нарушается стабильность обработки, что вызывает значительные колебания электрода-проволоки, неравномерность ее движения по прорезаемому пазу и в результате резкое увеличение шероховатости обработанной поверхности.

В области средних энергий импульса (зона II), когда размеры лунки от единичного разряда сопоставимы с величиной зерна диэлектрической матрицы материала, шероховатость поверхности определяется в основном размерами этих зерен, а также степенью их термодеструкции и термораскалывания.

Наконец, в области высоких энергий импульса (зона III), когда размеры лунки от единичного разряда значительно превышают величину зерна матрицы, профиль поверхности формируется главным образом за счет взаимного наложения этих лунок, поэтому в этой области ход кривой совпадает с ходом кривой для однородных материалов.

В результате исследований установлено, что шероховатость нитридборных поликристаллов выше, чем алмазных. Это можно объяснить рядом причин:

- алмазные зерна вследствие графитизации приобретают электропроводные "оболочки" и могут самостоятельно участвовать в процессе ЭЭО;
- кристаллы алмаза в большей степени подвергаются термодеструкции, т.к. температура обратного фазового превращения алмаз-графит (1100 К) значительно ниже температуры превращения КНБ - гексагональный нитрид бора (2100 К);
- коэффициент линейного расширения алмаза $((0,9-1,45) \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1})$ выше, чем кубического нитрида бора $((0,5-0,8) \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1})$, поэтому кристаллы алмаза больше склонны к растрескиванию при охлаждении их рабочей жидкостью.

Таким образом, обработка ПСТМ на основе КНБ осуществляется в основном за счет выпадения целых зерен, в то время как при обработке алмазных поликристаллов существенное влияние оказывают процессы термодеструкции и термораскалывания зерен.

На черновых режимах ЭЭО, когда удаление материала осуществляется главным образом за счет выпадения целых зерен СТМ, шероховатость во многом определяется зернистостью обрабатываемого поликристалла, а влияние параметров электрических импульсов менее существенно. Построенная исходя из этого модель профиля поверхности позволяет аналитически рассчитать параметр R_z :

$$R_d = \frac{d}{2} \left(K_c + \frac{\pi}{64} (\pi^2 - 4)(1 - K_c) \right), \quad (3)$$

где d - средний размер зерна СТМ в поликристалле;
 K_c - объемное содержание токопроводящих соединений.

Данная модель показала удовлетворительную сходимость результатов для нитридных и мелкозернистых алмазных поликристаллов.

Достигнутая при электроэрозионном вырезании минимальная шероховатость поверхности составляет достаточно большую величину ($R_a = 1 - 3$ мкм) и не удовлетворяет требованиям, предъявляемым к рабочим поверхностям режущих инструментов из ПСТМ и МК. Однако этот процесс может быть с успехом использован на операциях предварительного раскроя и черного формообразования профиля инструмента, что позволит экономить дорогостоящий материал пластин ПСТМ и МК и существенно уменьшить трудоемкость обработки по сравнению с алмазным шлифованием.

Пятая глава. Причиной сравнительно невысокого качества обработки при электроэрозионном вырезании является малая жесткость электрода-проволки, вследствие чего она подвержена локальным колебаниям под действием различных возмущающих факторов. Поэтому вместо гибкой, легкоподвижной электрода-проволки предложено использовать значительно более жесткий вращающийся дисковый электрод, т. е. перейти к схеме ротационной электроэрозионной обработки (рис. 2).

Основные зависимости ротационной ЭЭО во многом схожи с аналогичными зависимостями процесса электроэрозионного вырезания. Так, производительность обработки нитридных поликристаллов выше, чем алмазных, а крупнозернистых марок ПСТМ меньше, чем мелкозернистых. Для процесса ротационной ЭЭО также характерно наличие минимальной пороговой энергии импульса, однако в данном случае эта величина непосредственно зависит от площади обработки. При соответствующем уменьшении площади ротационную ЭЭО можно осуществлять и при минимально возможной для конструкции генератора ГКИ 300 - 200 А энергии импульса ($W_{и} = 0.008$ мДж). Практически это выражается в том, что после черновой и получистовой обработки можно на самых "мягких" режимах производить электроэрозионную доводку фасонной задней поверхности инструмента в виде узкой ленточки вдоль режущей кромки.

Для малых значений энергии импульса можно говорить также о наличии максимальной критической площади, при которой обработка прекращается практически полностью. Чем больше размер зерен поликристалла, тем меньше максимально возможная площадь обработки.

На рис. 3 представлена обобщенная пространственная диаграмма зависимости производительности ротационной ЭЭО от площади обработки и энергии

Принципиальная схема ротационной ЭЭО

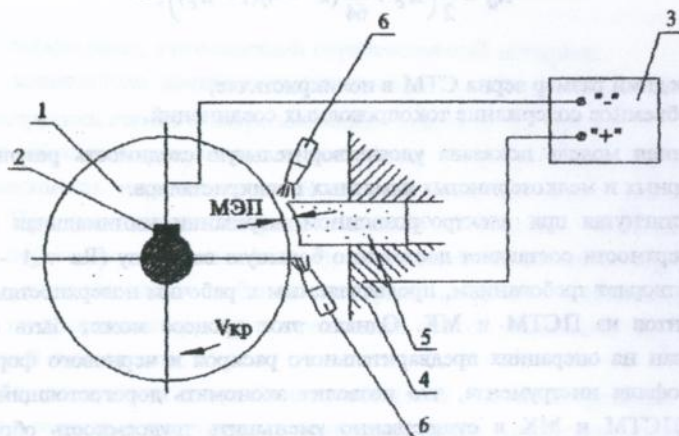


Рис. 2.

- 1 - дисковый электрод-инструмент; 2 - токоосъемник;
 3 - генератор импульсов; 4 - зажимное приспособление;
 5 - исследуемый образец; 6 - сопла для подачи рабочей жидкости

импульса. Составляющие ее частные зависимости $Q = f(W_{\text{и}})$ в продольном сечении, $Q = f(F)$ в поперечном сечении, а также зависимость $F_{\text{кр}} = f(W_{\text{и}})$ (заштрихованная площадь в основании диаграммы) являются типичными для ротационной ЭЭО сверхтвердых и керамических материалов.

В отличие от электроэрозионного вырезания при ротационной ЭЭО зависимость шероховатости от энергии импульса имеет монотонный характер, что позволяет достичь заметно лучшего качества поверхности (рис. 4).

Применение углеводородных рабочих жидкостей приводит к некоторому снижению величины микронеровностей по сравнению с обработкой в воде, т.к. образующаяся в результате пиролиза графитовая пленка покрывает наиболее выступающие зерна СТМ, вследствие чего они становятся способными воспринимать на себя электрические разряды.

Процесс ротационной ЭЭО рекомендуется производить при скорости вращения дискового электрода-инструмента 5 - 7 м/с, что обеспечивает некоторое повышение производительности и уменьшение шероховатости обработанной поверхности.

Достигнутая наименьшая величина микронеровностей для алмазных ПСТМ и керамики Силинит-Р ($R_a=0,15-0,25$ мкм) сопоставима с шероховатостью после алмазного шлифования. Для поликристаллов КНБ шероховатость существенно выше ($R_a=1,2-1,4$ мкм), поэтому ротационную ЭЭО нельзя рекомендовать для окончательной обработки этих материалов.

Пространственная диаграмма зависимости производительности
ротационной ЭЭО от энергии импульса и площади обработки

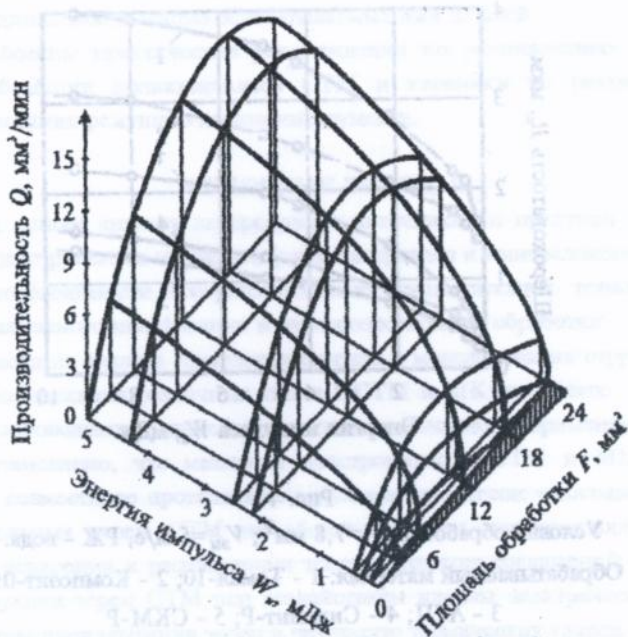


Рис. 3

Условия обработки: $V_{эл} = 5$ м/с, РЖ - вода, обраб. материал - Композит-05

Сравнение качества режущих кромок, полученных путем алмазного шлифования, электроэрозионного вырезания проволочным электродом и с помощью ротационной ЭЭО показало, что для алмазных поликристаллов и керамики Силпнит-Р наилучшая режущая кромка достигается при обработке дисковыми электродом-инструментом. Шлифование этих материалов алмазными кругами вследствие повышенной хрупкости и значительной силовой напряженности процесса сопровождается существенными сколами. Для поликристаллов КНБ наиболее качественная режущая кромка, несмотря на наличие сколов, формируется при алмазной заточке, т. к. при ротационной ЭЭО на режущей кромке образуется значительный радиус округления.

Погрешность изготовления профиля при ротационной ЭЭО не превышает 5 мкм, что в большинстве случаев достаточно для инструментов общемашиностроительного назначения.

Влияние энергии импульса на шероховатость
поверхности при ротационной ЭЭО

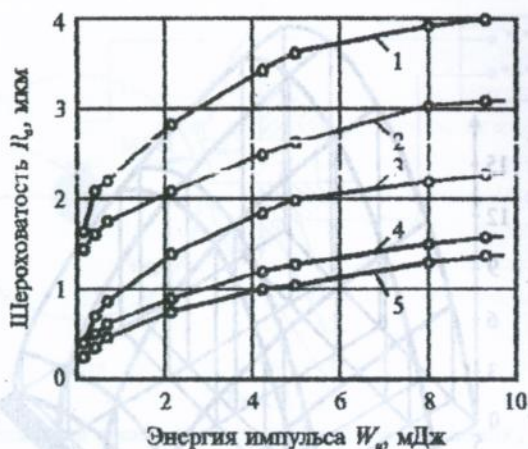


Рис. 4

Условия обработки: $F=7,8 \text{ мм}^2$; $V_{эм}=5 \text{ м/с}$, РЖ - вода.

Обрабатываемый материал: 1 - Томал-10; 2 - Композит-05;

3 - АТП; 4 - Силинит-Р; 5 - СКМ-Р

Шестая глава. Сравнение эффективности предварительного формообразования профиля лезвийных инструментов из поликристаллов СТМ по критерию наименьшей себестоимости показало, что электроэрозионное вырезание электродом-проволкой экономически выгоднее фасонного алмазного шлифования при максимальном припуске на обработку свыше 0,2 - 0,5 мм в зависимости от сложности профиля.

Окончательное формирование фасонной задней поверхности инструментов из алмазных ПСТМ и минералокерамики рекомендуется производить с помощью ротационной ЭЭО. Для инструментов из поликристаллов КНБ этот процесс не обеспечивает требуемой шероховатости и остроты режущего лезвия, поэтому окончательную обработку следует осуществлять алмазным шлифованием фасонными кругами или на профилишлифовальных станках.

Плоскую переднюю поверхность для достижения наивысшего качества рекомендуется доводить мелкозернистыми алмазными кругами на органических связках, т.к. при этом обеспечивается шероховатость поверхности, которая недостижима электроэрозионной обработкой.

В результате стойкостных испытаний установлено, что режущие инструменты из алмазных ПСТМ, заточенные по предлагаемой технологии и путем традиционного алмазного шлифования, имеют равную работоспособность и обеспечивают одинаковое качество обрабатываемых ими деталей.

Разработаны практические рекомендации по установлению оптимальных режимов обработки поликристаллов СТМ и керамики на различных этапах формообразования режущего лезвия инструмента.

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ.

1. На основе анализа литературных источников и практики изготовления лезвийных инструментов из сверхтвердых материалов и минералокерамики сделан вывод о необходимости совершенствования существующей технологии путем сочетания алмазного шлифования и электроэрозионной обработки.

2. Исходя из анализа технологии синтеза и моделирования структуры произведена классификация различных типов ПСТМ и МК по уровню содержания в них электропроводных соединений и оценена возможность применения ЭЭО.

3. Установлено, что механизм электроэрозии ПСТМ и МК происходит вследствие совместного протекания нескольких процессов: откалывание и выпадение отдельных зерен СТМ из общей матрицы поликристалла вследствие взрывного испарения и расплавления токопроводящих соединений; испарения и термодеструкции зерен СТМ под воздействием плазмы электрического разряда; хрупкого термораскалывания зерен в результате термических ударов.

4. Вследствие различия теплофизических характеристик ЭЭО поликристаллов КНБ осуществляется в основном за счет выпадения целых зерен, тогда как для алмазных поликристаллов существенное значение имеют процессы термодеструкции и термораскалывания зерен. Поэтому производительность ЭЭО нитридных ПСТМ больше, а шероховатость обработанной поверхности выше, чем алмазных ПСТМ. Увеличение размера зерна поликристалла приводит к повышению величины микронеровностей поверхности и уменьшению производительности ЭЭО, т.к. крупные зерна прочнее удерживаются в общей массе поликристалла.

5. При электроэрозионном вырезании ПСТМ и МК невозможно достичь высокого качества обработки, т.к. локальные колебания электрода-проволоки под действием различных возмущающих факторов копируются на обрабатываемой поверхности, что ухудшает ее шероховатость. Однако этот процесс может быть с успехом использован на операциях предварительного раскроя и чернового формообразования профиля инструмента, что позволит экономить дорогостоящий материал пластин ПСТМ и МК и значительно снизить трудоемкость и себестоимость обработки по сравнению с алмазным шлифованием.

6. Применение ротационной ЭЭО позволяет значительно улучшить качество обработки по сравнению с электроэрозионным вырезанием. Для алмазных поликристаллов и керамики Силитит-Р шероховатость обработанной поверхности сопоставима с шероховатостью после алмазного шлифования, а на режущей кромке отсутствуют сколы и выкрашивания. Поэтому ротационную ЭЭО можно рекомендовать для окончательной обработки фасонной задней поверхности инструментов из этих материалов. Для поликристаллов КНБ величина микронеровностей обработанной поверхности остается достаточно большой, а на режущей кромке образуется значительный радиус округления. В данном случае после ротационной ЭЭО требуется доводка режущего лезвия инструмента.

7. Доводку плоской передней поверхности для достижения наивысшего качества следует производить шлифованием мелкозернистыми алмазными кругами на органических связках.

8. Режущие инструменты из алмазных ПСТМ, заточенные с помощью ротационной ЭЭО и путем обычного алмазного шлифования, имеют равную работоспособность и обеспечивают одинаковое качество обрабатываемых ими деталей.

ОСНОВНЫЕ ПУБЛИКАЦИИ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1. Исследование возможности изготовления сложнопрофильных лезвийных инструментов из сверхтвердых материалов на основе алмаза. // Высокие технологии в машиностроении. Матер. междунар. науч.-техн. сем. "Интерпартнер-92". Харьков, 1992. - С. 134-137 (соавторы: Пыжов И.Н., Воронков В.И.)

2. Использование электроэрозии для обработки сверхтвердых материалов и режущей керамики // Резание и инструмент. Вып.47. 1993. - С. 65-69. (соавторы: Грабченко А.И., Пыжов И.Н., Грибовски Л.)

3. Методика проведения расчетов при создании сложнопрофильных инструментов из сверхтвердых материалов на эрозионных станках с ЧПУ. // Компьютер: наука, техника, технология, здоровье. Матер. междунар. науч.-техн. конференции "МикроCAD-93". Харьков, 1993. - С. 61-63 (соавторы: Грабченко А.И., Пыжов И.Н.).

4. Диагностирование обрабатываемости поликристаллов алмаза электроэрозионным методом. // Высокие технологии в машиностроении. Матер. междунар. науч.-техн. сем. "Интерпартнер-94". Харьков, 1994. - С. 47-50 (соавторы: Грабченко А.И., Пыжов И.Н., Горбунов С. Н.).

5. Классификация сверхтвердых материалов по обрабатываемости их электроэрозионным методом // Резание и инструмент. Харьков. Вып. 49. 1995. - С. 60-64 (соавторы: Грабченко А.И., Пыжов И.Н., Горбунов С. Н.).

6. Моделирование обработанной поверхности при электроэрозионной обработке сверхтвердых материалов // Информационные технологии: наука,

техника, технология, образование, здоровье. Матер. междунар. науч.-техн. конфер. "МикроCAD-96". Харьков, 1996. - С. 176-178 (соавторы: Пыжов И.Н., Горбунов С. Н.).

7. Two - staged programmed electrical discharge forming of shaped instrument made of superhard materials // International Computer Science Conference "MicroCAD' 97" Section F: Production Engineering, Manufacturing Systems. Febr. 26 - 27, 1997. - Miskolc - P. 57 - 60. (соавторы: Грабченко А.И., Пыжов И.Н., Островерх Е.В., Якубов Ф.Я.).

8. Модель поверхности поликристаллов СТМ после черновой электроэрозионной обработки. // Информационные технологии: наука, техника, технология, образование, здоровье. Матер. междунар. науч.-техн. конфер. "МикроCAD-97". Харьков, 1997. - С. 75 - 79.

Личный вклад автора: Основные результаты диссертации представлены лично автором в работе [8], в остальных работах - в соавторстве. В работах [1, 2, 3] изучена возможность применения электроэрозии к поликристаллам сверхтвердых материалов и минералокерамики, определен механизм удаления припуска под действием электрического разряда, исследованы основные закономерности процесса ЭЭО различных марок ПСТМ и МК. В работах [4, 5] на основе анализа технологии синтеза произведена классификация различных типов ПСТМ и оценена возможность применения к ним ЭЭО. В работах [6, 8] представлена модель поверхности ПСТМ после электроэрозионной обработки на черновых режимах. В работе [7] разработана двухстадийная технология изготовления фасонных инструментов из поликристаллов алмаза, включающая в себя предварительное электроэрозионное вырезание профильной режущей кромки с помощью проволочного электрода и последующую чистовую ротационную ЭЭО лезвия инструмента графитовым электродом-диском.

ANNOTATION

Magazeev M.G. Raising the Efficiency of Making the Profile Tools made of Superhard and Ceramic Materials on Account of Joint Use Electroerosion and Diamond Machining. Thesis for a degree of candidate of technical sciences on specialty 05.03.01 - Machining Processes, Machines and Tools. Kharkov State Polytechnical University. Kharkov, 1997.

The manuscript containing theoretical and experimental research on electroerosion machining and diamond grinding process of polycrystal superhard and ceramic materials is defended. The classification of different methods of polycrystal superhard materials and mineral ceramics synthesis depend on conductive technological additions

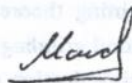
content is given. The possibility of use of electro-erosion process conformably to such materials was estimated. The mechanism of materials moving under condition of electro discharge influence on polycrystal superhard materials and ceramics has been established. The basic conformity to natural laws of electro-erosion machining by wire electrode tool and disk graphite electrode has been studied. The complex technology of making the complex-profile blade tools made of conductive marks of superhard and ceramic materials was developed. The technology includes the electro-erosion machining and diamond grinding. The practice recommendations on determination of machining optimum conditions are given.

АНОТАЦІЯ

Магазеев М.Г. Підвищення ефективності виготовлення профільних інструментів з надтвердих та керамічних матеріалів шляхом комбінації електроерозійної та алмазної обробки. Дисертація на здобуття вченого ступеня кандидата технічних наук за фахом 05.03.01 - процеси механічної обробки, верстати та інструмент. Харківський державний політехнічний університет. Харків, 1997.

Захищається рукопис, який містить результати теоретичних та експериментальних досліджень по підвищенню ефективності виготовлення профільних інструментів з надтвердих матеріалів (НТМ) та кераміки шляхом комбінації електроерозійної та алмазної обробки. Здійснена класифікація різних полікристалів НТМ та мінералокераміки за кількістю електропровідних технологічних добавок, оцінена можливість застосування до таких матеріалів електроерозійної обробки. Визначено механізм видаляння матеріалу під дією електричного розряду стосовно до полікристалів НТМ та кераміки, вивчені основні закономірності електроерозійної обробки. Розроблена комплексна технологія виготовлення профільних різальних інструментів із електропровідних марок НТМ та кераміки, яка об'єднує електроерозійну обробку та алмазне шліфування. Проведена промислова апробація, наводяться практичні рекомендації по оптимальним режимам обробки.

Ключевые слова: электроэрозионная обработка (ЭЭО), поликристаллические сверхтвердые материалы (ПСТМ), синтетические алмазы, кубический нитрид бора (КНБ), минералокерамика (МК), проволочный электрод-инструмент (ПЭИ), дисковый электрод-инструмент (ДЭИ), алмазное шлифование, профильные лезвийные инструменты.



Заказ № 872

Тираж 80 экз.



Копировально-множительный центр "Талант" **ТАЛАНТ**
310057, г. Харьков, ул. Сумская, 13

Подп. к печати 06.05.97

Усл. печ. листов 1,0

435692

AB 37.701