

Ключові слова: агреговані алмазні порошки, адгезійно активні сплави, металополімерне покриття, круги для різання твердих сплавів, морфологічні характеристики, показник міцності.

The effect of metal-polymer coating the grains of diamond grinding powders on their morphological and mechanical properties, as well as on the performance of wheels made of them was considered

Key words: aggregated diamond powders, adhesion-active alloys, metal-polymer coating, grinding wheels for cutting hard metals, morphological characteristics, the rate of strength.

Литература

1. Найдич Ю. В., Колесниченко Г. А. Взаимодействие металлических расплавов с поверхностью алмаза и графита. – К.: Наук. думка, 1967. – 92 с.
2. Исследование состава и структуры фаз при взаимодействии адгезионно - активных расплавов с алмазом / Г. А. Колесниченко, А. С. Вишневский, Ю. В. Найдич, Е. М. Чистяков // Адгезия расплавов. – К.: Наук. думка, 1974. – С. 116–120.
3. Синтетические сверхтвердые материалы: В 3 т. Т. 2. Композиционные инструментальные сверхтвердые материалы / Редкол. Н. В. Новиков (отв. ред.) и др. – К.: Наук. думка, 1986. – 280 с.
4. List E., Frenzel J. Vollstadt H. A new system for single particle strength testing of grinding powders // Industrial diamond rev. – 2006. – N 1. – P. 42–47.
5. Новиков Н. В., Богатырева Г. П., Петасюк Г. А. К вопросу повышения информативности морфологических характеристик порошков из сверхтвердых материалов, определяемых на видео-компьютерных диагностических комплексах // Сверхтвердые матер. – 2005. – № 3. – С. 73–85.
6. Петасюк Г. А. Системно-критеріальний метод кількісної оцінки однорідності надтвердих дисперсних матеріалів // Фізико-хімічна механіка матеріалів. – 2003. – № 5. – С. 101–105.
7. Вероятностные разделы математики / Под. ред. Ю. Д. Максимова –Санкт-Петербург.: Изд-во «Иван Федоров», 2001. – 592 с.
8. Порошки и пасты из синтетических алмазов / Ю. И. Никитин, С. М. Уман, Л. В. Коберниченко и др. – Киев: Наук. думка, 1992. – 284 с.

Поступила 27.06.12.

УДК.621.921.34:621.357

Н. А. Щур, В. Т. Чалый, Е. А. Пашенко, д-р техн. наук, А. М. Кошкин, О. В. Манько

Институт сверхтвердых материалов им. В. Н. Бакуля НАН Украины, г. Киев

АЛМАЗНЫЙ ЭЛАСТИЧНЫЙ ИНСТРУМЕНТ НА ЭЛЕКТРОЛИТИЧЕСКОЙ НИКЕЛЕВОЙ СВЯЗКЕ

Исследованы закономерности процесса заравнивания алмазных зерен электролитическим никелем при изготовлении эластичных дисков с сетчатой структурой.

Ключевые слова: алмазный эластичный диск, гальванические никелевые связи.

Введение

В настоящее время актуальной является потребность создания высокопроизводительного и износостойкого инструмента из сверхтвердых материалов (СТМ)

для зачистки и финишной обработки деталей из железоуглеродистых, титановых сплавов и других конструкционных материалов. К перспективным направлениям абразивной обработки относится эластичное шлифование. Имеющиеся виды инструмента для этой технологической операции – абразивная лента, фибровые, лепестковые круги, прерывистый инструмент из абразива и алмаза на полимерной и резиновой связках, в процессе эксплуатации склонны к «засаливанию» из-за заполнения межзеренного пространства продуктами обработки, имеют сравнительно низкую износостойкость и режущую способность, что ограничивает их применение в промышленности [1; 2]. Поэтому создание новых видов эластичного инструмента из СТМ для обеспечения необходимого формирования оптимального микрорельефа и качества шлифованной поверхности – актуальная и перспективная задача.

С учетом высокой эффективности работы кругов сетчатой структуры на гальванической никелевой связке и других факторов [3; 4] предложено изготавливать эластичный инструмент с новым конструкторско-технологическим исполнением рабочего слоя на основе токопроводящей металлической сетки с открытыми ячейками. Примером исполнения одного из видов предлагаемого инструмента является алмазный эластичный диск с рабочим слоем на основе латунной сетки, на поверхности проволочных элементов которой закреплены зерна синтетических алмазов (СА) с помощью адгезионно-активного электропроводящего термореактивного полимерного клея и электролитической никелевой связки [5].

К основным преимуществам способа изготовления инструмента такого типа относятся следующие:

- возможность программирования ориентации, плотности распределения и прочности закрепления СА в один слой на передней поверхности проволочных элементов сетки с достаточно большим их выступанием над уровнем рабочей поверхности сетки (1/2 размера основной фракции);
- обеспечение вероятности внедрения режущих зерен в обрабатываемый материал на большую глубину с увеличением съема припуска, а также исключение или уменьшение контакта связки с обрабатываемым материалом, что является необходимым условием для эффективного резания;
- управление размерами и объемом свободных ячеек-карманов путем выбора сетки соответствующей характеристики, что обуславливает кардинальное увеличение объема свободного пространства в зоне обработки и, таким образом, возможность размещения и удаления практически всей обрезаемой стружки в межзеренных промежутках и в дополнительных резервуарах-карманах рабочего слоя инструмента. Это способствует исключению засаливания, интенсификации и повышению качества резания;
- улучшение условий стружкообразования благодаря относительно незначительным размерам (по ширине) режущих площадок, лимитированных номинальным диаметром проволочных элементов, на которых закреплены ориентированные и значительно выступающие из связки частицы алмаза.

Цель настоящей работы – исследовать закономерности процесса зарастивания алмазных зерен электролитическим никелем для достижения заданной величины их выступления при изготовлении эластичных дисков с сетчатой структурой.

Методика эксперимента

Метод зарастивания алмазных зерен электролитическим металлом позволяет изготавливать инструмент самых разнообразных форм и размеров, и применять их для шлифования плоских, сферических и сложных поверхностей цементированных и закаленных сталей, твердых сплавов, ситаллов, стеклотекстолитах, а также для сверления, резания, правки, финишной обработки искусственных и природных материалов.

Существует множество групп алмазно-абразивного инструмента различной оригинальной конструкции и типоразмеров. Например, конструкторская особенность изготовления эластичного диска с сетчатой структурой состоит в том, что алмазный порошок наносится вне гальванической ванны. Он закрепляется на рабочую поверхность с помощью

специального клея. Затем производится наращивание электролитическим металлом определенно уложенных и ориентированных на поверхности сетки зерен.

Свойства алмазно-гальванических покрытий (АГП) во многом зависят от выбора металла связки.

Последовательные технологические операции изготовления инструмента заключались в следующем.

1. На рабочих участках проволоочных элементов сетки предварительно закрепляли в один слой ориентированные зерна СА марки АС20 зернистостью 400/315 с помощью токопроводящего клея на основе эпоксифенольного полимера, наполненного наночастицами графита и меди. В целях ускорения распределения зерен абразива путем локального снижения вязкости клея перед нанесением на слой клея их нагревали до температуры на 60–70 % ниже температуры стеклования (T_c) клея. При этом толщина нанесенного клея составляла ориентировочно 1/10 размера зерен СА.

2. Зерна СА прикрепляли путем частичного отверждения клея при температуре на 25–40 % ниже его T_c , после чего наращивали электролитическим никелем. При таком температурном режиме происходило отверждение клея до состояния гелеобразования, когда по экспериментальным данным вступают в реакцию только ~ 50% функциональных групп связующего. Клей из вязкотекучего переходит в неплавкий и нерастворимый продукт, который относительно прочно прикрепляет зерна СА, а также сохраняет точность профиля рабочего слоя инструмента. Кроме того, клей в гелеобразном состоянии содержит ~ 50% «свободных» реакционно способных групп, ответственных за адгезионную способность и прочность сцепления катодной поверхности с электролитическим осадком.

3. Электролитическое наращивание зерен СА осуществляли из сернокислого раствора никелирования, (рН 4,5–4,8) при температуре 18–20 °С, в диапазоне заданных плотностей катодного тока $i_k = 1–4$ А/дм². В процессе формирования металлического слоя сетка с алмазными микрорезцами находилась на дне ванны, параллельно которой размещался анод марки НА.

4. После технологической операции наращивания проводили окончательное отверждение клея до стеклообразного состояния путем термообработки при температуре на 20% выше T_c клея. Указанный температурный режим повышает подвижность молекулярных цепей эпоксифенольного связующего, предварительно отвержденного до гелеобразного состояния. В связи с этим в реакцию полного отверждения вступают реакционноспособные группы связующего и происходит переход клея в более структурированное состояние. При этом повышается прочность сцепления клея с электроосажденным металлом; тепло- и термостойкость клеевого соединения, что в совокупности с высокой прочностью закрепления зерен СА и износостойкостью связки позволяет эксплуатировать инструмент на режимах повышенной производительности резания.

5. Полотно сетки заданного размера с закрепленными на ней ориентированными зернами СА укладывали на нижний пуансон пресс-формы, засыпали определенным количеством порошка эластичного фторопласта и прессовали на гидравлическом прессе при определенной температуре и необходимом давлении. В полученном инструменте металлическая сетка является не только основой для закрепления режущих зерен СА, но и выполняет функции армирующего элемента полимерной матрицы, определяющего его прочность на разрыв, демпфирующую способность и интенсивный теплоотвод из зоны резания, что позволяет ему работать при высоких скоростях шлифования. Полимерная матрица инструмента из фторопласта, одного из наиболее эффективных антифрикционных материалов, обеспечивает при температуре резания образование на поверхности трения-резания смазочной пленки, что определяет эффект самосмазываемости инструмента и возможность работы при отсутствии внешнего подвода смазки, что важно в технологии шлифования материалов без применения смазочно-охлаждающей жидкости.

Таким образом, сформированный инструмент представляет собой алмазосодержащий эластичный антифрикционный самосмазывающийся материал регулярной сотовой макроструктуры.

Результаты исследований и их обсуждение

Нанесение никелевого покрытия при формировании алмазосодержащего слоя на сетке с токопроводящим клеем осуществляли в диапазоне плотностей тока $1-4 \text{ А/дм}^2$. В результате исследования качественных характеристик осажденных покрытий выявили, что технологический режим наращивания алмазных микрорезцов при плотности постоянного тока 2 А/дм^2 оптимальный для осаждения равномерных, беспористых покрытий. В процессе электролиза ионы никеля, восстанавливаясь на поверхности электропроводящего клея и сетки, образуют сплошной мелкокристаллический износостойкий слой. Выбранный технологический режим позволяет получать электролитический осадок, не только прочно закрепляющий зерна, но и обладающий повышенной адгезией к поверхности катода за счет взаимодействия ионов металла с основой клея и сетки.

При наращивании зерен характер изменения поверхности кристаллизации (максимум–минимум–максимум) свидетельствует о нестационарности плотности тока по времени в

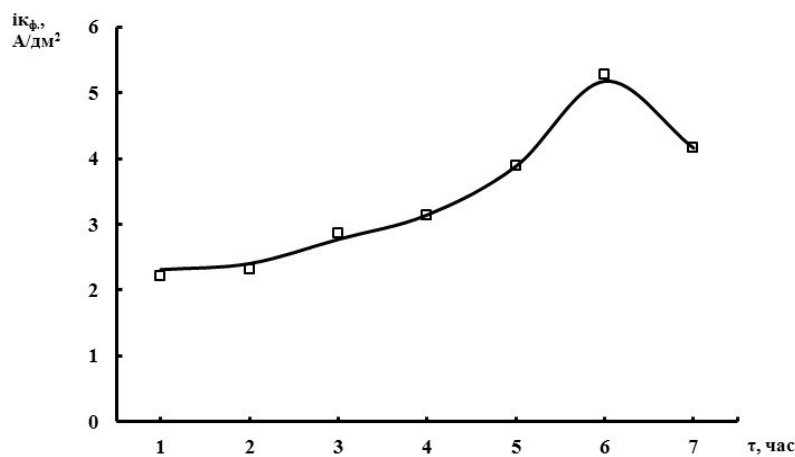


Рис. 1. Зависимость фактической плотности тока $i_{кф}$, А/дм^2 , от продолжительности наращивания зерен марки АС20 зернистостью 400/315

осаждении никеля в процессе их закрепления показаны на рис.1. Толщину слоя выделившегося никеля измеряли до достижения 40–50% общей зарощенности зерна.

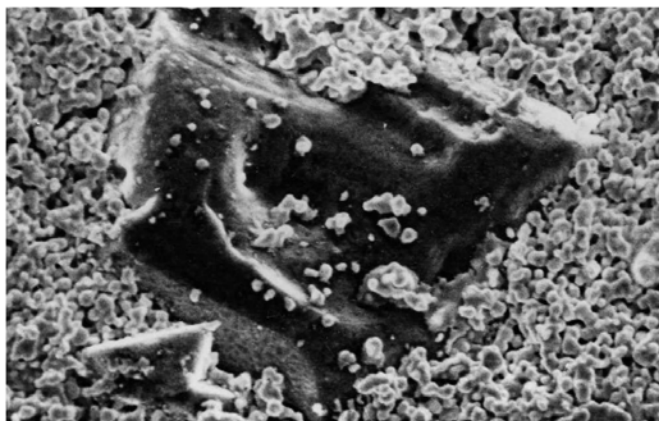


Рис.2. Фрагмент рабочей поверхности диска с единственным зерном алмаза ($\times 2000$)

процессе электролиза [6].

Для определения характера изменения катодной плотности тока во времени при закреплении алмазных порошков марки АС20 зернистостью 400/315 измеряли толщину и массу сформированного слоя никеля, а также высоту выступания зерен алмаза через каждый час электроосаждения никеля при плотности тока 2 А/дм^2 . Рассчитанные изменения фактической

плотности тока $i_{кф}$ при

показаны на рис.1. Толщину слоя выделившегося никеля измеряли до достижения 40–50% общей зарощенности зерна. Фрагмент поверхности полученного никелевого покрытия при заданном токовом режиме показан на рис.2.

Выводы

Алмазные эластичные диски диаметром 178–200 мм марки АС20 зернистостью 400/315 нашли применение при шлифовании и зачистке криволинейных поверхностей деталей (лопаток, лопастей турбин, винтов судов) из стали, алюминиевых, титановых сплавов и других материалов. Применяются взамен абразивных гибких дисков на фибровой основе отечественного (14А 50-ПС, ГОСТ 8692-92) и импортного (2А36Р, фирма «САИТ», Италия) производства на ручных

приводных машинах фирмы «BOSH» (Германия). Скорость движения алмазного диска – 60 м/с, усилие прижима – (25±5 Н). Алмазный инструмент с сетчатой структурой по сравнению с импортным обеспечивает снижение мощности резания на 30% и повышение производительности качественной обработки в 5–8 раз, а срок его службы до полного износа в 35 раз выше, при существенном улучшении гигиены и культуры производства. При шлифовании новым инструментом формируется заданная шероховатость и исключается образование прижогов на обрабатываемой поверхности.

Предложенный конструкторско-технологический принцип исполнения инструмента в зависимости от материала и размера открытых ячеек сетки, марки и зернистости сверхтвердых абразивов, состава электролита и режимов электроосаждения металла для закрепления режущих зерен, материала и физико-механических свойств полимерной матрицы и параметров формирования структуры позволяет прогнозировать получение армированных инструментов с широким диапазоном вязкоупругих (демпфирующих), режущих и других эксплуатационных возможностей.

Результаты производственных испытаний алмазных дисков на основе металлической сетки с закрепленными на ней зернами алмаза, показали их высокую технико-экономическую эффективность.

Разработанный инструмент имеет программированный рельеф рабочей поверхности алмазоносного слоя с сетчатой структурой, который обеспечивает высокую прочность закрепления ориентированных режущих зерен с заданной величиной их выступания над уровнем связки, прерывистость резания, способность к демпфированию, свободные объемные «карманы» для приема и последующей эвакуации из зоны обработки диспергированного материала, теплоотводящие и смазывающие элементы. Все это в совокупности предопределяет направленное изменение механизма динамического взаимодействия поверхностей контакта (инструмент – обрабатываемый материал) и условия для облегчения процесса резания. В свою очередь, это является предпосылкой высокой режущей способности и износостойкости инструмента с сетчатой (сотовой) структурой, обеспечивающего высокое качество шлифования материалов.

Досліджено закономірності процесу зарощування алмазних зерен електродітичним нікелем при виготовленні еластичних дисків із сітчастою структурою.

Ключові слова: алмазний еластичний диск, гальванічні нікелеві зв'язки.

In this article was proposed and realized in essence new engineering-technological implementation of diamond elastic disks on galvanic nickel bonds, which ensures increasing of productivity and quality grinding.

Key words: diamond elastic disk, galvanic nickel bonds.

Литература

1. В. А. Щеголев, М. Е. Уланова. Эластичные и алмазные инструменты. – Л.: Машиностроение, 1987. – 180 с.
2. РТМ 88УССР ИСМ 1–82. Алмазная обработка эластичным инструментом. – К.: ИСМ АН УССР, 1982. – 28 с.
3. Рабинович Э. С., Чалый В. Т. Абразивные композиты на органических связках // Синтетические сверхтвердые матер.: – В 3-х. т. / Т2. Композиционные инструментальные сверхтвердые материалы. – К.: Наук. думка, 1986.
4. Чалый В. Т., Лубинин А. Г., Сороченко В. Г. Высокопроизводительный алмазный инструмент с сетчатой структурой для шлифования древесно-полимерных и резиновых композитов // Абразивсодержащие композиты для изготовления инструмента и качество поверхности деталей при физико-механической обработке. – К.: ИСМ им. В.Н. Бакуля НАН Украины, 1992. – С. 52–59.

5. Алмазный эластичный инструмент с сетчатой структурой на полимерной и гальванической связках. В. Т. Чалый, Е. А. Пашенко, Н. А. Щур и др. // Весн. Нац. Ун-та «ХПИ». 2011. – №27. – С. 7–14.
6. Прудников Е. Л., Дуда Т. М., Зарицкий А. С. Абразивосодержащие электрохимические покрытия. – К.: Наук. думка, 1985. – 215 с.

Поступила 29.05.12

УДК 621.762

В. Н. Шуменко, канд. техн. наук

ФГОУ ВПО «Национальный исследовательский автономный технологический университет
«МИСиС», г. Москва, Россия

ФОРМИРОВАНИЕ ИЗОЛИРОВАННЫХ ПОР ПРИ СПЕКАНИИ ПОРОШКОВОГО ОБРАЗЦА TiC – Ni

Изучена первая стадия жидкофазного спекания. Установлено, что поведение частиц на поверхности отличается от поведения частиц внутри образца, т.к. они имеют разную степень свободы. Установлено, что в образце при возникновении жидкой фазы происходит разуплотнение – эффект Фулраса. Установлен критический размер капли жидкой фазы. Установлен критический размер пленки жидкости.

Ключевые слова: жидкофазное спекание.

Процесс перегруппировки при жидкофазном спекании компонентов с ограниченной растворимостью наиболее существенно влияет на уплотнение порошкового тела [1, 2]. Экспериментальные доказательства зонального уплотнения приведены в [1], но это обособление на поверхности штабика твердого сплава.

Поведение частиц на поверхности и внутри образца различное из-за различной степени их свободы, в связи с чем нельзя отождествлять наблюдения за их поведением с возможным поведением частиц внутри образца. Отдельные физические процессы не зависят от числа степеней свободы, как, например, взаимное припекание частиц, возникновение жидкой манжетки.

Формирование пор изучали с использованием следующей системы: 80 % (по массе) TiC – 20 % (по массе) Ni. Эксперименты проводили с помощью сканирующего электронного микроскопа с блоком нагрева [3].

Исследовали следующие порошки:

карбид титана фирмы «Union Carbide» с размером частиц 3–7 мкм; химический состав, % (по массе): C_{общ} – 19,25; C_{св} – 0,10; другие элементы – 0,02;

никель фирмы «INCO» с размером частиц 4–7 мкм; химический состав % (по массе): C – 0,3–0,8; O – 0,15; S – 0,001; Fe – 0,01; другие элементы – следы; Ni – остальное.

Исходные порошки предварительно просеивали на ультразвуковом классификаторе с ячейками размером 10 мкм, затем смешивали в шаровой мельнице в этаноле в течение 24 ч. В качестве пластификатора применили 4 %-ный водный раствор поливинилового спирта. После просушивания и протирания через сито с ячейками размером 0,4 мм цилиндрические образцы размером $d \times h = 5 \times 3$ мм прессовали при давлении 1000 кгс/см². Для удаления пластификатора проводили восстановительное спекание при температуре 800°C в течение 60 мин в газовой среде, состоящей из 4 % водорода и 96 % гелия.

Для регистрации поведения частиц при спекании проводили видео- и киносъёмку.