

УДК 621.923

Ю.Г. Гуцаленко, В.В. Ивкин, А.В. Руднев, Е.К. Севидова, канд. техн. наук,
И.И. Степанова, канд. техн. наук, Харьков, Украина

СТАНКОИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ ЭЛЕКТРОИЗОЛЯЦИОННЫЕ ПОКРЫТИЯ ПОДДЕРЖКИ АЛМАЗНО-ИСКРОВОГО ШЛИФОВАНИЯ

Розглядається розробка електроізоляційних захисних покриттів інструмента та планшайби шліфувального верстака комбінованих технологій високоточної продуктивної обробки з введенням в зону різання додаткової енергії електричних розрядів для підтримки сталої працездатності шліфувальних кругів з алмазно-металевої композицією робочої частини. Наводяться відомості про патентний захист розробки.

Рассматривается разработка электроизоляционных защитных покрытий инструмента и планшайбы шлифовального станка комбинированных технологий высокоточной производительной обработки с введением в зону резания дополнительной энергии электрических разрядов для поддержания устойчивой работоспособности шлифовальных кругов с алмазно-металлической композицией рабочей части. Приводятся сведения о патентной защите разработки.

It is considered the development of electrically insulating coatings for tool and faceplate of grinder for combined technologies of high-efficient processing with the introduction into the cutting zone additional energy of electrical discharges to maintain stable a working capacity of grinding wheels with diamond-metal composition of the working part. There are adduced the data about patent protection of development.

Введение. В конвенциональных подходах к организационно-техническому обеспечению операций алмазно-искрового шлифования (АИШ) подводом в зону обработки дополнительной энергии в форме электрических разрядов, как в специальном станкостроении, так и при специальной модернизации универсального оборудования его потребителями, предусматривается электроизоляция шпинделя станка. При этом в базовую конструкцию вводятся новые (нетокопроводные) элементы (детали), служащие необходимым барьером электрическому току в функционально запрещенных направлениях, но повышающие степень сборочной сложности и понижающие жесткость и геометрическую точность функционирования технической системы.

Шлифовальный инструмент как объект барьерных технических решений, обеспечивающих нетокопроводность его контакту с посадочным местом на металлической планшайбе станка, в известной исследовательской и производственной практике не рассматривается.

В преодолении этих недостатков альтернативой объемно-массивной текстолитовой изоляции является применение специально разработанных диэлектрических покрытий, наносимых на прочную основу базовых деталей

(элементов), конструктивно требующих электроизоляции, в традиционном исполнении изготавливаемых из конструкционной стали (планшайба) и конструкционных сплавов, прежде всего алюминиевых (несущий корпус инструмента).

Инверсия задачи электроизоляции металлического корпуса шлифовального круга от стальной планшайбы шлифовального станка в сторону инновационного решения инструмента может быть решена нанесением специальных диэлектрических покрытий на поверхности соприкосновения корпуса инструмента с планшайбой станка, т. е. на цилиндрическую посадочную отверстие и примыкающие к ней торцевые, по одной из которых, обращенной к планшайбе, происходит позиционирование на ней, а вторая, на некотором, достаточном для токозащиты планшайбы удалении от ее посадочной наружной цилиндрической поверхности, должна быть свободна от электроизоляционного покрытия для возможности осуществления через нее токоподвода к алмазно-металлической композиции рабочей части шлифовального круга.

Дополнительно к ранее опубликованной информации о разработках [1] предлагаемая здесь презентация содержит сведения об их патентной защите.

Токозащитное покрытие корпуса инструмента. В общей традиционной практике изготовления токопроводных корпусов алмазных абразивных инструментов применяют алюминий (прокат и литые) и стали (конструкционные и легированные). При этом из-за эксплуатационных преимуществ алюминиевый выбор доминирует.

Мировая практика износостойкой защиты поверхностей алюминиевых сплавов связана с анодно-искровыми покрытиями (АИП) микродуговым окислением (МДО) [2], известным также как ANOF (Anodishen Oxidation unter Funkenentladung) в Германии, ASD (Anodic Spark Deposition) в США, Европе и Китае, микродуговое окисление в России, ПЕО (Plasma Electrolytic Oxidation) в Великобритании, ПЕО (плазмово-электролитне окисдування) в Украине.

Согласно [3] на алюминиевых материалах можно получить защитные пленки толщиной до 400 мкм, выдерживающие тепловой удар до 2500 °С, с пробойным напряжением до 6000 В, микротвердостью до 25 ГПа и износостойкостью на уровне твердых сплавов. Как правило, в известных применениях в первую очередь используются износостойкие, коррозионностойкие и теплостойкие свойства АИП, что позволяет [4] повысить соответствующие эксплуатационные показатели в 1,5-2,5 раза.

В меньшей степени известно применение АИП в качестве диэлектрических, хотя, согласно литературным данным [5], диэлектрические параметры таких покрытий могут иметь очень высокие показатели, приближающие их к диэлектрикам высшего качества. В частности, исследуемое [6] удельное электрическое сопротивление АИП,

сформированного на алюминии марки АДО, при различных режимах составляет $1,2 \cdot 10^{13}$ - $2,7 \cdot 10^{13}$ Ом·м.

В отечественных и российских алюминиевых технологиях корпусов алмазных абразивных инструментов наиболее распространено применение сплава АК6 (или 1360) по ГОСТ 4784-97. Этот сплав имеет стандартные зарубежные аналоги в США, Японии, Великобритании, Франции, Италии, Польше, Чехии, а также в других странах и в Евросоюзе в целом. Наличие многочисленных зарубежных аналогов сплаву АК6 свидетельствует о патентно-лицензионной перспективности инновационных разработок связанных с ним технологий функциональных покрытий.

Оксидные покрытия на алюминиевом сплаве АК6 формировали в алюминатном электролите при напряжении 250-300 В. Толщина покрытий по поверхности составляла 100...120 мкм.

После анодирования образцы подвергали кипячению в дистиллированной воде в течение 30 минут с целью уменьшения открытой пористости за счет гидратации оксидной пленки.

По результатам тераометрических измерений установлено, что удельное электрическое сопротивление сформированного покрытия составило примерно $1,2 \cdot 10^{12}$ Ом·м, а пробивное напряжение – свыше 1000 В (в режиме испытаний с нагружением испытываемого электроизоляционного слоя приложением напряжения до 1 кВ пробой не наблюдался).

Полученные результаты позволили отказаться от дополнительной пропитки сформированного покрытия кремний-органическим лаком ввиду достаточности выходных характеристик токозащиты.

Предложенные покрытия можно механически обрабатывать, что позволяет доводить посадочное отверстие шлифовального круга до нужного размера с необходимой точностью. В технологическом маршруте изготовления алмазных кругов операция анодного оксидирования должна выполняться до напрессовки на корпус алмазного слоя, чтобы обезопасить этот слой от преждевременных электрофизикохимических повреждений.

Разработка защищена патентом Украины на полезную модель [7].

Токозащитное покрытие планшайбы. Приспособляемость конструкции шлифовальных станков к использованию в технологиях АИШ предлагается обеспечивать в результате нанесения на посадочные для инструмента поверхности стальной основы планшайбы специально разработанных диэлектрических покрытий на основе семейства эпоксидно-диановых смол.

Износостойкость обеспечивается введением диэлектрических порошков триоксида алюминия Al_2O_3 или диоксида кремния SiO_2 с возможным варьированием массовой доли как диэлектрических порошков, так и эпоксидных групп.

Композицію отримують шляхом змішування епоксидно-діанової смоли і бутилгліциділового ефіра з послідовальним введенням в суміш діелектричного наповнювача (Al_2O_3 або SiO_2), поліметилсилоксана і поліметилфенілоксана. Отвердитель – моно-N-(–ціанетил)–діетилентріамін – вводять безпосередньо перед використанням. Покрытие наносять на поверхню з допомогою щетки в 2-3 прийма. Минимальное время отвердевания одного слоя покрытия – 7 часов. Время выдержки после нанесения последнего слоя – 24 часа. После затвердевания деталь с покрытием обрабатывают механическим способом до заданных размеров с требуемой точностью.

Таблиця

Объект оценки	H_v , МПа	$\sigma_{сж}$, МПа	ρ , Ом·м	δ , мкм
1	204	135	1014	14
1/2	1,5	1,5	> 10	0,6

В табл. приведены физико-механические свойства разработанного композитного электроизоляционного износостойкого покрытия на основе эпоксидно-диановой смолы с 20 % содержанием массовой доли эпоксидных групп и 30 мас. % Al_2O_3 (объект 1) и их сопоставление с показателями без использования порошкового наполнителя (объект 2). Контролировалась твердость по Виккерсу H_v , прочность на сжатие $\sigma_{сж}$, удельное электрическое сопротивление ρ и износостойкость. Износостойкость оценивалась на приборе, в котором изнашивание поверхности осуществлялось шлифовальной бумагой, закрепленной на наконечнике, вращающемся относительно неподвижной плоскости образцов. Размерный износ δ определяли путем измерения толщины образцов до и после испытаний с помощью вертикального длинномера.

Разработка защищена патентом Украины на полезную модель [8].

Заключення. Розробані в НТУ «ХПІ» износостойкие электроизоляционные покрытия предлагаются предприятиям станкоинструментальной отрасли, производящим шлифовальные станки и круги из сверхтвердых материалов на токопроводящих связках, для развития универсализации этих изделий в направлении их потенциального использования потребителем в электрофизических технологиях АИШ. Решение задач адаптации станков и инструментов для АИШ в условиях производств-изготовителей среди прочего мотивируется следующими аспектами рыночной привлекательности улучшенной продукции: во-первых, подготовленный к АИШ инструмент не требует передела шпиндельного узла универсального станка его потребителем или производителем.

Во-вторых, использование электроизоляционных износостойких покрытий на контактных с инструментом поверхностях планшайбы станка в условиях предприятий-изготовителей универсальных шлифовальных станков

создает конструктивно решающие предпосылки для организации потребителем станка АИШ и других электрофизикохимические технологий, поскольку последующие модернизационные мероприятия (включение в станочную систему источника-генератора технологического тока и обеспечение токоподвода в зону резания) уже не требуют вмешательства в формообразующую точность шлифовальных станков, обеспеченную в станкостроительной промышленности.

Список использованных источников: 1. *Севидова, Е. К.* Специальные электроизоляционные покрытия станкоинструментального назначения / *Е. К. Севидова, Ю. Г. Гуцаленко, И. И. Степанова* // Современные инструментальные системы, информационные технологии и инновации : Сб. науч. тр. XI-ой междунар. науч.-техн. конф. 19-21 мар. 2014 г. – В 4-х т. – Курск : Юго-Зап. гос. ун-т, 2014. – Т. 4. – С. 77-81. 2. *Мерцало, И. П.* Зносотривкість анодно-іскрового покриву на сплавах алюмінію / *И. П. Мерцало, В. Т. Яворський, М. Д. Кляпиков, Р. С. Мардаревич* // Фізико-хімічна механіка матеріалів. – 2003. – № 1. – С. 116-118. 3. *Эпельфельд, А. В.* Применение технологии микродугового оксидирования для формирования защитных покрытий / *А. В. Эпельфельд* // Технология машиностроения. – 2004. – № 4. – С. 39-44. 4. *Коломейченко, В. В.* Повышение износостойкости МДО-покрытий при изготовлении и восстановлении деталей машин / *В. В. Коломейченко* // Технология машиностроения. – 2005. – № 9. – С. 43-47. 5. *Павлюс, С. Г.* Диелектрические свойства анодно-искровых силикатных покрытий на алюминии / *С. Г. Павлюс, В. И. Соборницкий, Ю. А. Шепрут, Л. А. Снежко, В. И. Черненко* // Электронная обработка материалов. – 1987. – № 3. – С. 34-36. 6. *Баковец, В. В.* Оксидные пленки, полученные обработкой алюминиевых сплавов в концентрированной серной кислоте в анодно-искровом режиме / *В. В. Баковец, И. П. Долговесова, Г. Л. Никифорова* // Защита металлов. – 1986. – Т. 22. – № 3. – С. 440-444. 7. *Гуцаленко, Ю. Г.* Шліфувальний круг : патент на корисну модель № 96568 Україна: МПК (2006.01) B24D 3/06 / *Ю. Г. Гуцаленко, О. К. Севидова, І. І. Степанова*; власник : Нац. техн. ун-т «Харк. політехн. ін-т». – № у 201409394; заявл. 26.08.2014; опубл. 10.02.2015. Бюл. № 3. 8. *Гуцаленко, Ю. Г.* Композиція для електроізоляційних зносостійких покриттів : патент на корисну модель № 92786 Україна : МПК C08L 63/02 (2006.01), C08J 5/16 (2006.01) / *Ю. Г. Гуцаленко, В. В. Івкін, О. В. Руднев, О. К. Севидова*; власник : Нац. техн. ун-т «Харк. політехн. ін-т». – № у 201315441; заявл. 30.12.2013; опубл. 10.09.2014. Бюл. № 17.

Bibliography (transliterated): 1. *Sevidova, E. K., Yu. G. Gutsalenko and I. I. Stepanova.* "Special'nye jelektroizoljacionnye pokrytija stankoinstrumentalnogo naznachenija." *Sovremennye instrumental'nye sistemy, informacionnye tehnologii i innovacii. Sb. nauch. tr. XIth mezhdunar. nauch.-tehn. konf.* 19th - 21th Mar. 2014. Kursk: Southwest State Univ., 2014. Vol. 4. 77-81. Print. 2. *Mercalo, I. P., et al.* "Znosotrivkist' anodno-iskrovogogo pokrivu na splavah aljuminiju." *Fiziko-himichna mehanika materialiv.* 2003. No. 1. 116-118. Print. 3. *Jepel'fel'd, A. V.* "Primenenie tehnologii mikrodugovogogo oksidirovanija dlja formirovanija zashhitnyh pokrytij." *Tehnologija mashinostroenija.* 2004. No. 4. 39-44. Print. 4. *Kolomejchenko, V. V.* "Povyshenie iznosostojkosti MDO-pokrytij pri izgotovlenii i vosstanovlenii detalej mashin." *Tehnologija mashinostroenija.* 2005. No. 9. 43-47. Print. 5. *Pavljus, S. G., et al.* "Dijelektricheskie svojstva anodno-iskrovnyh silikatnyh pokrytij na aljuminii." *Jelektronnaja obrabotka materialov.* 1987. No. 3. 34-36. Print. 6. *Bakovec, V. V., I. P. Dolgovesova and G. L. Nikifirova.* "Oksidnye plenki, poluchennye obrabotkoj aljuminievych splavov v koncentrirovannoj sernoj kislote v anodno-iskrovom rezhime." *Zashhita metallov.* Vol. 22 (1986). No. 3. 440-444. Print. 7. *Gutsalenko, Yu. G., O. K. Sevidova and I. I. Stepanova.* *Shlifival'nij krug: patent na korisnu model'.* No. 96568 Ukraine. IPC, 2006.01 B24D 3/06. No. u 201409394. Appl. 26.08.2014. Publish. 10.02.2015. Bull. No. 3. Print. 8. *Gutsalenko, Yu. G., et al.* *Kompozicija dlja elektroizoljacijnih znosostijkih pokrytjiv: patent na korisnu model'.* No.92786 Ukraine. IPC, 2006.01 C08L 63/02, C08J 5/16. No. u 201315441. Appl. 30.12.2013. Publish. 10.09.2014. Bull. No. 17. Print.