

УДК 621.923

С.М. Братан, профессор, д-р техн. наук,

*Севастопольский национальный технический университет,
ул. Университетская, 33, г. Севастополь, 99053
tm@sevntu.com.ua*

К. Янку, профессор, д-р техн. наук

*Университет "Константин Бранкузи",
ул. Путь Героев, 30, г. Тыргу-Жиу, жуд. Горж, Румыния, 210152
ciansu@utgjiu.ro*

Ю.Г. Гуцаленко, ст. науч. сотрудник,

Е.К. Севидова, ст. науч. сотрудник, канд. техн. наук

*Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт»,
ул. Фрунзе, 21, г. Харьков, Украина, 61002
gutsalenko@kpi.kharkov.ua*

ПОКРЫТИЯ ДЛЯ ЭЛЕКТРОИЗОЛЯЦИОННОЙ ЗАЩИТЫ ПЛАНШАЙБЫ ШЛИФОВАЛЬНОГО СТАНКА

Рассматривается разработка электроизоляционных защитных покрытий 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. Разработка выполнена на основе эпоксидных смол с износостойкими диэлектрическими наполнителями.

***Ключевые слова:** комбинированные технологии, шлифовальный станок, конструкция планшайбы, электрическая изоляция, эпоксидные смолы, износостойкие наполнители.*

Введение. Конструкция рабочих органов станка предопределяет его точностные возможности [1]. Отслеживание точности обработки и минимизация возможных погрешностей формообразования особенно актуальны для процессов финишной обработки [2], к которым относится шлифование алмазными кругами.

Введение в зону резания дополнительной энергии электрических разрядов, являющееся фундаментальным отличительным атрибутом алмазно-искрового шлифования (АИШ) перед обычным, объективно повышает внимание разработчиков и пользователей техники и технологий АИШ к вопросам эффективности и надежности необходимой электрической и электромагнитной защиты и безопасности в диапазоне реальной вольтамперной (до 1000 кВт) и амплитудно-частотной электроимпульсной практики в пределах от 50 Гц (промышленная частота) до 88 кГц при использовании широкодиапазонных генераторов импульсов.

В конвенциональных подходах к организационно-техническому обеспечению технологий шлифования с 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 [3]. 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.

В преодолении этих недостатков перспективной альтернативой объемно-массивной текстолитовой изоляции является применение специально разработанных диэлектрических покрытий, наносимых на прочную основу базовых поверхностей планшайбы, конструктивно требующих электроизоляции [3], в традиционном исполнении изготавливаемой из конструкционной стали.

Приспособляемость шлифовальных станков к АИШ. В реализациях метода АИШ подвод в зону обработки дополнительной энергии в форме электрических разрядов осуществляется через скользящий электрический контакт между алмазным шлифовальным кругом (его металлической связкой) и обрабатываемым материалом. Наряду с электроизоляцией шпинделя станка в ординарных моноинструментальных подходах к организационно-технической подготовке операций АИШ, общей практикой учета специфики АИШ в организации электробезопасности обслуживания рабочего места станочника является также оснащение станка блокировочным устройством, после выхода круга из изделия обеспечивающим отключение подачи в рабочую зону не только охлаждающей жидкости, но, одновременно с ним, и производящего электроразрядные действия дополнительного технологического тока. Работоспособность электроизоляции посадочных мест планшайбы и автоблокиратора

электрического тока проверяется и протоколируется в соответствующем акте при заводской приемке специальных станков. В реальной практике приемочных испытаний, осуществляемых с представительством Харьковского политехнического института как соразработчика (например, внутришлифовального станка модели ЗК227ВР, Саратовский станкозавод, 1978 г.) работоспособность электроизоляции шлифовального круга от станка по сути оценивалась только качественно, по осуществимости электрического контакта в зоне резания во всем диапазоне параметров управления процессом шлифования.

Конструктивно задача принуждения зоны шлифования к участию в электроразрядной цепи АИШ при соответственно организованном токоподводе к участникам электрического контакта, помимо организации токоподвода, в принципе может решаться одним лишь рациональным использованием электроизоляционных материалов в производстве отдельных деталей станочных систем без изменения их конструкции. Такой подход к универсализации металлорежущего оборудования для возможности его использования в процессах электрофизикохимической обработки, как конструктивно максимально облегченный, несомненно заслуживает повышенного внимания практиков специалистов, особенно по мере появления новых изоляционных материалов повышенной прочности и износостойкости.

Однако в современном проектировании и производстве шлифовальных станков такой подход пока не практикуется из соображений эксплуатационных (в высокоскоростном динамическом нагружении металлы безальтернативны обычным конструкционным неметаллам) и экономических (относительная дороговизна специальных нетокопроводных композитов). Вместе с тем определенные подвижки в этом направлении, помимо дискуссионной постановки вопроса, есть. Так, совместной разработкой НТУ «ХПИ» и Института проблем машиностроения НАН Украины [4] в конструктивном исполнении торцевых планетарно-шлифовальных головок для их использования в электрофизикохимических технологиях предложено отдельные детали, являющиеся смежными элементами головки в ее стыковке со станком, изготавливать из асботекстолита. Этот материал, помимо высоких электроизоляционных свойств, имеет высокую механическую прочность, стабильную в условиях повышенной влажности, а также при температурах до 500°C, т. е. в диапазоне надежного перекрытия реальных условий эксплуатации вне зоны шлифования.

В выполненной работе приспособляемость конструкции шлифовальных станков к использованию в технологиях АИШ предлагается обеспечивать в результате нанесения специально разработанных диэлектрических покрытий на посадочные и контактные для инструмента поверхности стальной основы планшайбы.

Принятый во внимание опыт разработки диэлектрических покрытий на эпоксидной основе. Высокой адгезионной прочностью и стойкостью в атмосфере промышленных предприятий, в растворах солей, щелочей, охлаждающих жидкостях и маслах отличаются покрытия на основе эпоксидных смол. В некоторых случаях эксплуатации они обеспечивают одновременное выполнение требований по нескольким функциональным свойствам. Наиболее известными и распространенными в промышленно-технической практике являются двухкомпонентные эпоксидные композиции, содержащие непосредственно смолу, например, диановую ЭД-20 и отвердитель, например полиэтиленполиамин [5]. Толщина такого покрытия может достигать несколько сотен микрон. Оно надежно защищает конструкции от коррозии, но имеет относительно невысокую износостойкость из-за невысокой твердости и хрупкости.

В принципе, покрытия типа [5] можно применять как альтернативу текстолитовым втулкам, используемым для электроизоляции инструмента-круга от планшайбы, на которой осуществляется его установка в станках АИШ. При этом также важно, чтобы покрытие было достаточно стойким к раствору охлаждающе-смазочной жидкости, которая подается в зону обработки, и не меняло геометрические размеры вследствие набухания. Для шлифования, как операции окончательной обработки, важно также, чтобы достаточные диэлектрические свойства сочетались с высоким сопротивлением износу, который испытывает поверхность покрытия при периодических заменах шлифовальных кругов до полного износа их рабочей части – алмазно-металлической композиции. Это особенно актуально в единичном и мелкосерийном производствах, удельный вес которых в промышленности возрастает в условиях рыночной экономики.

Аналогичная [5] двухкомпонентная композиция [6] за счет высококачественных исходных ингредиентов и, по-видимому, использования технологических ноу-хау, обеспечивает достижение повышенных физико-механических показателей; в частности, по пределам прочности, МПа: на разрыв – 84,8; на изгиб – 126,8; на сжатие – 113,7. Однако – без удовлетворения повышенных требований к износостойкости поверхности.

В отечественной практике [7] целенаправленное (двукратное) повышение износостойкости, а также адгезионной прочности покрытий на основе эпоксидной диановой смолы достигается в многокомпонентной композиции с использованием бутилглицидилового эфира (пластификатора) моноцианетилдиэтилэнтриамин (отвердителя), смеси полиметилсилоксана и полиметилфенилсилоксана

(кремнийорганической жидкости) и графита при определенном соотношении компонентов. Однако неприемлемым для использования покрытий этого типа как электроизоляционных является присутствие в них электропроводящих частиц графита, следствием чего является снижение и нестабильность диэлектрических характеристик композита.

Разработка диэлектрических покрытий станочного назначения. В предлагаемых электроизоляционных композициях покрытий на основе семейства эпоксидно-диановых смол повышенная износостойкость обеспечивается использованием в качестве наполнителя диэлектрических порошков триоксида алюминия Al_2O_3 или диоксида кремния SiO_2 , с возможным варьированием массовой доли как диэлектрических порошков, так и эпоксидных групп (например, по действующим в Российской Федерации техническим условиям Государственного стандарта СССР 10587-84, содержание собственно эпоксидных групп в эпоксидно-диановых смолах может составлять от 14 до 22 %, соответственно с понижением вязкости и повышением технологичности использования в поверхностно распределенных отверждающих покрытиях).

Композицию получают путем смешивания эпоксидно-диановой смолы и бутилглицидилового эфира с последовательным введением в смесь диэлектрического наполнителя (Al_2O_3 или SiO_2), полиметилсилоксана и полиметилфенилоксана. Отвердитель – моно-N-(–цианэтил)-диэтилентриамин – вводят непосредственно перед использованием.

Покрытие наносят на поверхность с помощью щетки в 2-3 приема. 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.

В табл. 1 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 и их сопоставление с показателями без использования порошкового наполнителя. 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.

Таблица 1 – Физико-механические свойства электроизоляционного износостойкого покрытия на основе 20% эпоксидно-диановой смолы (объект оценки: 1 – 30 мас. % Al_2O_3 , 2 – без Al_2O_3)

Объект оценки	H_v , МПа	$\sigma_{сж}$, МПа	ρ , Ом·м	δ , мкм
1	204	135	10^{14}	14
½	1,5	1,5	> 10	0,6

Как следует из табл. 1, по результатам сравнительных испытаний износостойкость композитного покрытия на основе ЭДС с 20 % содержанием массовой доли эпоксидных групп и 30 мас. % Al_2O_3 на 60-70% выше, чем у такого же, но без алюмооксидного порошкового наполнителя, при полуторакратном превышении твердости и прочности на сжатие. Приведенные технические результаты выполненной разработки показывают, что предложенное решение электроизоляционного износостойкого покрытия с высоким уровнем необходимой противозащитной защиты отдельных элементов станочно-инструментальных систем шлифования (удельное электрическое сопротивление разработанного покрытия $\rho = 10^{14}$ Ом·м, табл. 1) позволяет расширить их технологические возможности успешной реализацией электрофизикохимических технологий.

Основные положения организационно-технической и эксплуатационно-технологической перспективности использования разработки.

1. Предложенные модернизационные решения со специальными электроизоляционными износостойкими покрытиями посадочных и присоединительных поверхностей деталей шпиндельной группы шлифовальных станков не конфликтуют с техническими применениями их базового исполнения по существу, но организационно дополняют технологические возможности использования областью электрофизикохимических технологий.

2. В рассматриваемой разработке электроизоляционных износостойких покрытий высокие диэлектрические свойства сочетаются с высоким сопротивлением износу при смене шлифовального круга из-за несоответствия его характеристик необходимым для следующей операции в единичном и мелкосерийном производствах, а также при нехватке оборудования для организации поточной линии.

3. 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 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.

Библиографический список использованной литературы

1. Iancu C. Tehnologia Construcțiilor de Mașini – procedee de semifabricare și de prelucrare / Craiova: Editura SİTECH, 2006. – 154 pg.
2. Новоселов Ю.К., Братан С.М. Моделирование процессов взаимодействия шлифовального круга и заготовки при чистовом шлифовании // Вісник СевНТУ : зб. наук. пр. / Севастоп. нац. техн. ун-т. – Севастополь: Севастоп. нац. техн. ун-т, 2011. - Вип. 118: Машиноприладобудування та транспорт. – С. 92-106.
3. Беззубенко Н.К. Повышение эффективности алмазного шлифования путем введения в зону обработки дополнительной энергии в форме электрических разрядов: дис. ... д-ра техн. наук: 05.03.01 – Процессы механической обработки, станки и инструмент. – Харьков, 1996. – 468 с.
4. Розроблення та впровадження у виробництво дослідно-промислових зразків планетарних інструментів та високоефективних технологій алмазного шліфування важкооброблювальних матеріалів: Отчет о НИР (заключит.) / Нац. техн. ун-т "Харьк. политехн. ин-т"; рук. А.Грабченко. – Харьков, 2010. – 278 с. – № ГР 0109U007406. – Инв. № 0210U007380.
5. Герт Н.В., Субботина О.Ю., Соловьев А.С. Новая эпоксидная эмаль для ремонтной окраски /Лакокрасочные материалы и их применение. – 2008. – №6. – С. 22-25.
6. Износостойкое эпоксидное покрытие. Abrasionresistant epoxy coating // Mach. Des. – 1994. – 66, №5. – С. 211. – Приводится по источнику: РЖ [ISSN 0034-2599]. – М., ВИНТИ, 1995. – Свод. т. 14: Технология машиностроения, № 3. – С. 59.
7. А.с. 1376544 СССР, МПК5 C08 L 63/02, C08 J 5/16. Композиция для антифрикционных покрытий / Н.Ф. Хахалина, В.К. Фандеева, Л.А. Русанова, В.Ф. Строганов, Ю.С. Зайцев, А.С. Лapidус, Э.А. Майорова, В.В. Колобеков, Л.Ф. Фролова, Б.Н. Чижов (СССР). № 4125231/5; заявл. 27.06.86; опубл. 07.08.91. Бюл. № 29.

Поступила в редакцию 25.01.2014 г.

Братан С.М., Янку К., Гуцаленко Ю.Г., Севидова Є.К. Покриття для електроізоляційного захисту планшайби шліфувального верстату.

Розглядається розробка електроізоляційних захисних покриттів планшайби шліфувального верстата комбінованих технологій високоточною продуктивною обробки з введенням в зону різання додаткової енергії електричних розрядів для підтримки стійкої працездатності шліфувальних кругів з алмазно-металевих композицією робочої частини. Розробка виконана на основі епоксидних смол з зносостійкими діелектричними наповнювачами.

Ключові слова: комбіновані технології, шліфувальний верстат, конструкція планшайби, електрична ізоляція, епоксидні смоли, зносостійкі наповнювачі.

Bratan S.M., Iancu C., Gutsalenko Yu.G., Sevidova E.K. Coatings for electrically insulating protection of grinder faceplate

It is considered the development of electrically insulating coatings for 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. Development is made on the base of epoxy resins with wear resistant dielectric fillers.

Keywords: combined technologies, grinder, faceplate design, electrical insulation, epoxy resins, wear resistant fillers.