

(19)



**Евразийское  
патентное  
ведомство**

(11) **042062**

(13) **B1**

(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ**

(45) Дата публикации и выдачи патента  
**2022.12.30**

(21) Номер заявки  
**202290246**

(22) Дата подачи заявки  
**2022.01.17**

(51) Int. Cl. **C23C 26/02** (2006.01)  
**H01R 24/00** (2011.01)  
**C22C 28/00** (2006.01)

---

(54) **СПОСОБ НАНЕСЕНИЯ ЗАЩИТНЫХ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ПОКРЫТИЙ НА  
КОНТАКТНЫЕ ПОВЕРХНОСТИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ КОНТАКТНЫХ СОЕДИНЕНИЙ**

---

(31) **2021139045**

(32) **2021.12.27**

(33) **RU**

(43) **2022.12.29**

(96) **2022000003 (RU) 2022.01.17**

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:  
**РЯБОВ ВЛАДИМИР  
АЛЕКСАНДРОВИЧ (RU)**

(72) Изобретатель:  
**Рябов Владимир Александрович,  
Махаев Евгений Дмитриевич (RU),  
Морозов Вячеслав Витальевич (KZ)**

(74) Представитель:  
**Полиевец В.А. (RU)**

(56) **RU-C2-2516189  
RU-C1-2301847  
WO-A1-2010077183  
JP-A-2009299113  
JPH-A-11286789  
US-A-5098485**

(57) Изобретение относится к области электротехники и может быть использовано в стационарных промышленных циклах при производстве контактных систем электротехнического оборудования и в технологических регламентах при монтаже, ремонте и эксплуатации контактных систем непосредственно на месте установки электрооборудования. Технический результат, который достигается путем использования данного способа нанесения защитного металлического покрытия на контактные поверхности электрических контактных соединений, заключается в контроле и регулировке диффузионного процесса локально-контактного плавления и ограничения явления охрупчивания поверхностного слоя твердого металла, а также в предохранении контактной поверхности от воздействия окружающей среды и протекания окислительных процессов на протяжении длительного времени. Способ нанесения защитных металлических покрытий на контактные поверхности электрических контактных соединений, включающий нанесение защитного металлического покрытия на контактные поверхности с применением многокомпонентного галлиевого сплава путем осуществления следующих этапов: очистка контактной поверхности от загрязнений и обезжиривание с использованием органических растворителей (например, ацетон); обработка контактной поверхности для удаления окисной пленки; после снятия окисной пленки производится предварительная обработка контактной поверхности тонким слоем галлиевого сплава, наносимого абразивным материалом; нанесение основного слоя галлиевого сплава для формирования итогового, диффундированного в контактную поверхность проводящего слоя.

**B1**

**042062**

**042062**

**B1**

Изобретение относится к области электротехники и может быть использовано в стационарных промышленных циклах при производстве контактных систем электротехнического оборудования и в технологических регламентах при монтаже, ремонте и эксплуатации контактных систем непосредственно на месте установки электрооборудования.

Из существующего уровня техники известен способ нанесения металлического покрытия на токопередающие поверхности контактных соединений (источник информации RU № 2580355, опубликовано 10.04.2016, МПК C23C 26/02). Способ нанесения защитного металлопокрытия из легкоплавкого сплава на основе висмута на токопередающие поверхности контакт-деталей контактных соединений, включающий очистку от загрязнений и обезжиривание токопередающих поверхностей, нанесение флюса, удаление остатков флюса и опилок и нанесение на токопередающие поверхности легкоплавкого сплава на основе висмута отличается тем, что используют наносимый легкоплавкий сплав на основе висмута, имеющий диапазон температур плавления 44-95°C и следующий состав, мас. %: висмут - 44,0-99,993; индий - 0,001-55,994; олово - 0,001-28,0; свинец - 0,001-40,0; кадмий - 0,001-25,0; цинк - 0,001-25,0; медь - 0,001-10,0; алюминий - 0,001-12,0, а перед нанесением легкоплавкого сплава на основе висмута нагреву до температуры 49-100°C подвергают легкоплавкий сплав на основе висмута, инструмент для нанесения и контакт-детали.

Недостатком данного решения является то, что висмут, как основа для изготовления эвтектики легкоплавкого сплава, имеет невысокую коррозионную способность по отношению к металлам. Именно коррозионная способность определяет возможность реализации полного процесса локально-контактного твердо-жидкого плавления эвтектики с металлом контактной поверхности с прохождением стадии разрыва связей атомов в кристаллической решетке твердого металла (образование новых связей с атомами сплава эвтектики) и последующей диффузии в контактную поверхность (процесс когезии). В связи с тем, что металлосплав на основе висмута имеет сравнительно высокую температуру плавления 44-95°C, необходима повышенная энергетика процесса и поэтому технологические операции данного способа выполняются при температурах в диапазоне 44-95°C. При этом требуется в течение всего процесса нанесения покрытия стабильно поддерживать заданную температуру для легкоплавкого сплава в специальной форме, контактной поверхности и инструмента по нанесению легкоплавкого сплава. В случае снижения температуры произойдет кристаллизация сплава и прекращение процесса нанесения покрытия. Также после процесса травления флюсом отсутствует технологическая операция по удалению остатков флюса. Утверждение, что флюс испарится вместе с остатками окисной пленки, не гарантирует полной очистки поверхности и прекращения процесса травления контактной поверхности и наносимого металлосплава. При этом остатки флюса чрезвычайно коррозионно-активны, поэтому их необходимо сразу полностью удалять после процесса травления, и это рекомендуется выполнять отдельной технологической операцией. Повышенные температурные режимы при нагреве легкоплавкого сплава, контактных деталей и инструмента для нанесения в диапазоне до 100°C сложно выполнимы с точки зрения применяемого оборудования и являются дополнительными опасными производственными факторами для системы охраны труда и техники безопасности на промышленном предприятии. Также необходимо учитывать, что металлические покрытия с применением сплавов на основе висмута в зависимости от процентного содержания висмута обладают склонностью к трещинообразованию и увеличению объема при затвердевании.

Из уровня техники также известен способ нанесения металлического покрытия на токопередающие поверхности контактных соединений (источник информации RU № 2690086, опубликовано 12.03.2019, МПК C23C 26/02, C22C 28/00). Способ нанесения защитного покрытия из легкоплавкого сплава на основе индия на токопередающие поверхности контакт-деталей контактных соединений, включающий очистку от загрязнений, обезжиривание токопередающих поверхностей, нанесение флюса, удаление остатков флюса, проведение нагрева легкоплавкого сплава на основе индия, инструмента для нанесения упомянутого покрытия и контакт-деталей и нанесение на токопередающие поверхности контакт-деталей легкоплавкого сплава на основе индия, отличается тем, что используют сплав на основе индия с температурой плавления 72°C, имеющий состав, мас. %: индий - 66,3, висмут - 33,7.

Недостатком данного решения является то, что вышеописанный способ также не предусматривает отдельной технологической операции по удалению остатков флюса и результатов травления. Данный способ нанесения покрытия на контактные поверхности является технически сложным для применения в условиях эксплуатации электрооборудования при выполнении ППР и ревизии контактных соединений. Сложность применения данного способа заключается в повышенном температурном режиме в течение всего технологического цикла свыше 72°C, так как в случае понижения температуры сплава, металлической щетки или контактной поверхности произойдет кристаллизация (затвердевание) сплава. При применении данного способа в условиях стационарного производства по изготовлению или ремонту контактных соединений также потребуется дополнительное термическое оборудование для поддержания заданных температурных режимов.

Наиболее близким техническим решением, выбранным в качестве прототипа, является способ обработки контактных поверхностей разборного электрического контактного соединения (источник информации RU № 2411305, опубликовано 12.02.2011, МПК C23C 26/02, C23G 1/00, H01R 24/00, C22C 28/00). Способ обработки контактных поверхностей разборного электрического контактного соединения,

включающий обработку контактных поверхностей для удаления окисной пленки, нагрев контактных поверхностей и нанесение металлического покрытия из галлиевого сплава локальным контактным плавлением, отличается тем, что удаление оксидной пленки осуществляют химической обработкой контактных поверхностей первым раствором травления, с последующей его нейтрализацией и очисткой контактных поверхностей от результатов травления, затем проводят механическую очистку контактных поверхностей шлифованием, после которой осуществляют нагрев контактных поверхностей, нанесение металлического покрытия из галлиевого сплава в среде второго раствора травления и последующую нейтрализацию остатков второго раствора травления.

Недостатком прототипа является сложность удаления окисной пленки с контактной поверхности: нанесение раствора травления, нанесение раствора для последующей нейтрализации и остановки процесса травления и очистка контактной поверхности от результатов травления и растворов. Это сложный процесс, особенно при учете, что применяемые растворы имеют завышенную концентрацию вредных для человеческого организма веществ и все операции необходимо выполнять с дополнительными средствами защиты. Последующее шлифование контактной поверхности с применением металлической щетки недостаточно эффективно, так как использование металлической щетки, как абразивного материала, не может обеспечить достаточную степень чистоты обработки металлической поверхности. Нанесение металлического покрытия согласно данному техническому решению выполняется после нагрева контактной поверхности до 35°C и нанесения галлиевого сплава под слоем второго химического раствора, выполняющего роль флюса (для защиты нагретой контактной поверхности от окисления на время нанесения металлического покрытия) с последующей нейтрализацией флюса следующим химическим раствором.

Технический результат, который достигается путем использования данного способа нанесения защитного металлического покрытия на контактные поверхности электрических контактных соединений, заключается в контроле и регулировке диффузионного процесса локально-контактного плавления и ограничения явления охрупчивания поверхностного слоя твердого металла, а также в предохранении контактной поверхности от воздействия окружающей среды и протекания окислительных процессов на протяжении длительного времени.

Для достижения указанного технического результата предлагается способ нанесения защитных металлических покрытий на контактные поверхности электрических контактных соединений. В предлагаемом способе нанесение защитного металлического покрытия на контактные поверхности с применением многокомпонентного галлиевого сплава выполняется путем осуществления следующих этапов:

очистка контактной поверхности от загрязнений и обезжиривание с использованием органических растворителей (например, ацетон);

обработка контактной поверхности для удаления окисной пленки;

после снятия окисной пленки производится предварительная обработка контактной поверхности тонким слоем галлиевого сплава, наносимого абразивным материалом;

нанесение основного слоя галлиевого сплава для формирования итогового, диффундированного в контактную поверхность проводящего слоя.

В предлагаемом способе может использоваться многокомпонентный сплав на основе галлия, имеющий диапазон температур плавления 1-24°C и следующий состав, мас. %:

галлий	56±99,99
индий	0,001±30,0
олово	0,001±20,0
серебро	0,001±8,0
висмут	0,001±10,0
кадмий	0,001±10,0
цинк	0,001±10,0
медь	0,0001±14,0
алюминий	0,0001±14,0
молибден	0,0001±8,0
никель	0,0001±8,0
интерметаллиды прочих металлов	0,0001±3,0

(суммарные примеси компонентов)

В частности, при наличии механических повреждений контактной поверхности, полученных в процессе эксплуатации, способ может включать в себя этап шлифовки абразивным материалом перед предварительной обработкой контактной поверхности тонким слоем галлиевого сплава.

Кроме того, если при выполнении технологической операции по нанесению покрытия температура

контактной поверхности ниже 3°C, предлагаемый способ включает в себя этап кратковременного нагрева контактной поверхности до температуры не ниже температуры плавления многокомпонентного галлиевого сплава 10-24°C.

Контактная поверхность очищается от загрязнений и обезжиривается с использованием преимущественно органических растворителей (например, ацетон). Очистка контактной поверхности от окисной пленки медной контактной поверхности может выполняться обработкой водным раствором хлористого цинка с плотностью раствора не более 1,13 (10% раствор соляной кислоты), а для алюминиевой контактной поверхности может выполняться 3% раствором едкого натра. После травления контактная поверхность насухо протирается от остатков травления, если они имеются. При наличии механических повреждений контактной поверхности, полученных в процессе эксплуатации, производится шлифовка абразивным материалом.

В случае, если при выполнении нанесения защитного металлического покрытия температура окружающей среды и соответственно температура контактной поверхности ниже 3°C, то необходимо выполнить кратковременный нагрев контактной поверхности до температуры не ниже температуры плавления многокомпонентного галлиевого сплава 10-24°C. В большинстве случаев такой необходимости нет, так как в основном плановые работы по проведению ревизий и ППР контактных соединений в электроустановках выполняются в летний-осенний период, когда температурный режим выше 3°C. Дополнительный нагрев контактных поверхностей также не требуется для стационарных производственных участков по производству и ремонту контактных соединений, так как согласно требованиям ОТ и СЭС температура окружающей среды на рабочих местах не ниже 18°C.

После обработки контактной поверхности для удаления окисной пленки производится нанесение металлического защитного покрытия: предварительно контактная поверхность обрабатывается абразивным материалом, смоченным многокомпонентным галлиевым сплавом (первый этап). Расход сплава может составлять не более 10% от основной массы галлиевого сплава для обрабатываемой контактной поверхности. За счет малого количества сплава, наносимого абразивным материалом, нет явно выраженного насыщения контактной поверхности жидким металлом сплава, и в результате этого процесс локально-контактного плавления происходит практически мгновенно. Путем нанесения предварительного покрытия контактной поверхности формируется первичный защитный слой, предохраняющий длительное время контактную поверхность от воздействия окружающей среды и протекания окислительных процессов. Это особенно важно для применения способа в стационарных производственных циклах изготовления контактных систем электротехнического оборудования, когда процесс нанесения защитного металлического покрытия имеет временной разрыв в технологических операциях. Также сформированный твердый первичный слой покрытия исполняет роль ограничительного барьера, сдерживающего процесс охрупчивания контактной поверхности при нанесении основного покрытия. Это объясняется тем, что первичный твердый слой, внедренный в контактную поверхность на молекулярном уровне, ограничивает скорость и активность протекания локально-контактного плавления насыщенной жидкой фазы галлиевого сплава с твердой контактной поверхностью при последующем втором этапе нанесения металлического покрытия. Применение первого этапа нанесения покрытия в первую очередь предназначено для контактных соединений из алюминия, так как наиболее подвержены эффекту охрупчивания и окислительным процессам контактные поверхности из алюминия и его сплавов.

Далее, на подготовленную контактную поверхность с нанесенным первичным защитным покрытием наносится второй основной слой покрытия. Галлиевый сплав наносится преимущественно тканевым хлопчатобумажным тампоном, смоченным в этом сплаве. Учитывая, что на контактной поверхности предварительно уже нанесен первичный слой покрытия, дополнительное количество галлиевого сплава, необходимого для формирования итогового, диффундированного в контактную поверхность проводящего слоя, требуется на 25-30% меньше по сравнению со способом прототипа. Контактные поверхности с нанесенным защитным покрытием могут быть собраны в контактное соединение сразу после обработки и использованы для дальнейшей эксплуатации.

Частный случай реализации способа может быть выполнен следующим образом. Способ нанесения защитного металлического покрытия на контактных поверхности разборного болтового контактного соединения "медь-медь". Производится разборка контактного соединения. Ветошью, смоченной ацетоном, очищается контактная поверхность от загрязнений и остатков, ранее нанесенных защитных и электропроводящих смазок и вытирается насухо. Хлопчатобумажным тампоном, смоченным 10% водным раствором хлористого цинка, протирают поверхность от окисных покрытий. Контроль чистоты поверхности выполняется визуально: поверхность имеет равномерный светло-жёлтый цвет, без темных пятен остатка окислов. Поверхность протирают насухо. Если контактная поверхность имеет глубокие царапины (задиры, небольшие углубления), то поверхность при необходимости дополнительно обрабатывают механическим шлифованием. Применяемый абразивный материал - шлифовальная шкурка зернистостью Р120, при более серьезных повреждениях контактной поверхности возможно применение абразива с Р80-100. Обработка выполняется до полного устранения повреждений. Контактная поверхность протирается от остатков механической обработки. Многокомпонентный галлиевый сплав для выполнения обработки находится в медицинском шприце емкостью 0,5 мл, учитывая

плотность сплава, это составляет 3,3 г. Средний расход сплава составляет 1 г на 220 см<sup>2</sup>. Для выполнения работ прилагается инструкция, определяющая порядок расхода сплава для нанесения первичного слоя покрытия и вторичного слоя. При температуре окружающей среды не ниже 5°C предварительный нагрев контактной поверхности не выполняется. На абразивный материал наносится небольшое количество многокомпонентного галлиевого сплава, и выполняется зачистка контактной поверхности с одновременным нанесением сплава для первичного слоя покрытия. Контактная поверхность приобретает матово-серебристый цвет. Поверхность не имеет необработанных пятен, покрытие сплошное равномерное, но не насыщенно-влажное. Вторичное покрытие наносится хлопчатобумажным тампоном, смоченным сплавом. Покрытие имеет ненасыщенно-влажное состояние и имеет светлый серебристый цвет. Сборку соединения можно выполнять сразу после обработки. Для медной контактной поверхности разборного контактного соединения применяется следующий состав многокомпонентного галлиевого сплава, мас. %: галлий - 60; индий - 17; олово - 11; висмут - 3; кадмий - 2,5; цинк - 5; медь - 1; интерметаллиды прочих металлов (примеси) - 1,5. Температура плавления сплава 5°C. Температура окружающей среды 15°C, обработка контактных соединений трансформаторной подстанции наружной установки без отдельного помещения.

Для выполнения обработки контактных соединений из разных материалов применяются различные модификации галлиевых сплавов, различающихся по компонентному составу и температуре плавления. Количество компонентов сплава и их процентное содержание в сплаве зависят от вида металла контактных поверхностей, типа контактного соединения и условий при выполнении обработки (температуры окружающей среды).

В частности, для нанесения защитного покрытия для контактных поверхностей коммутационного электрооборудования (разъединители, рубильники, автоматические выключатели) применяется следующий сплав, мас. %: галлий - 59, индий - 16, олово - 9, кадмий - 1, цинк - 4, медь - 3, молибден - 4, никель - 3, интерметаллиды прочих металлов (примеси) - 1. Температура плавления сплава 3°C. Контактные поверхности коммутационных устройств выполняются из меди.

В частности, для нанесения защитного покрытия для контактных поверхностей, изготовленных из алюминия (шинные соединения, аппаратные выводы электрооборудования систем коммутации), применяется следующий сплав, мас. %: галлий - 67; индий - 5; олово - 12; висмут - 5; кадмий - 1; цинк - 3; алюминий - 6; интерметаллиды прочих металлов (примеси) - 1. Температура плавления сплава 17°C.

Технических решений, совпадающих с совокупностью существенных признаков заявляемого изобретения, не выявлено, что позволяет сделать вывод о соответствии заявляемого изобретения такому условию патентоспособности, как "новизна".

Заявляемые существенные признаки, предопределяющие получение указанного технического результата, явным образом не следуют из уровня техники, что позволяет сделать вывод о соответствии заявляемого изобретения такому условию патентоспособности, как "изобретательский уровень".

#### ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Способ нанесения защитных металлических покрытий на контактные поверхности электрических контактных соединений, включающий очистку контактной поверхности от загрязнений и ее обезжиривание, обработку контактной поверхности для удаления окисной пленки, отличающийся тем, что после снятия окисной пленки производят предварительную обработку контактной поверхности тонким слоем галлиевого сплава, наносимого абразивным материалом, после чего выполняют нанесение основного слоя галлиевого сплава для формирования итогового, диффундированного в контактную поверхность проводящего слоя.

2. Способ по п.1, отличающийся тем, что производят обработку поверхности галлиевым сплавом следующего состава, мас. %: галлий - 56-99,99; индий - 0,001-30,0; олово - 0,001-20,0; серебро - 0,001-8,0; висмут - 0,001-10,0; кадмий - 0,001-10,0; цинк - 0,001-10,0; медь - 0,0001-14,0; алюминий - 0,0001-14,0; молибден - 0,0001-8,0; никель - 0,0001-8,0; интерметаллиды прочих металлов - 0,0001-3,0 (суммарные примеси компонентов).

3. Способ по п.1, отличающийся тем, что при наличии механических повреждений контактной поверхности, полученных в процессе эксплуатации, производят шлифовку абразивным материалом перед предварительной обработкой контактной поверхности тонким слоем галлиевого сплава.

4. Способ по п.1, отличающийся тем, что при выполнении технологической операции по нанесению покрытия производят кратковременный нагрев контактной поверхности до температуры не ниже температуры плавления многокомпонентного галлиевого сплава 10-24°C, если температура контактной поверхности ниже 3°C.

5. Способ по п.1, отличающийся тем, что расход сплава при предварительной обработке контактной поверхности составляет не более 10% от основной массы галлиевого сплава для обрабатываемой контактной поверхности.

