



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **120350** (13) **C2**  
(51) МПК (2019.01)

**B60L 5/08** (2006.01)

**H01H 1/02** (2006.01)

**C22C 9/00**

**C10M 125/02** (2006.01)

МІНІСТЕРСТВО РОЗВИТКУ  
ЕКОНОМІКИ, ТОРГІВЛІ ТА  
СІЛЬСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА  
УКРАЇНИ

## (12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВІНАХІД

(21) Номер заявки: **а 2015 10119**

(22) Дата подання заявки: **16.10.2015**

(24) Дата, з якої є чинними  
права на винахід: **25.11.2019**

(41) Публікація відомостей  
про заявку: **10.06.2016, Бюл.№ 11**

(46) Публікація відомостей  
про видачу патенту: **25.11.2019, Бюл.№ 22**

(72) Винахідник(и):

(73) Власник(и):

**Д'яченко Володимир Петрович,**  
пр. Героїв Сталінграда, 12-є, кв. 17, м. Київ,  
04210 (UA),

**Д'яченко Антон Володимирович,**  
пр. Героїв Сталінграда, 12-є, кв. 17, м. Київ,  
04210 (UA)

(74) Представник:

**Манянін Геннадій Миколайович, реєстр.  
№56**

(56) Перелік документів, взятих до уваги  
експертизою:

UA 68434 U, 26.03.2012

UA 74952 C2, 15.02.2006

SU 337281 A1, 05.05.1972

RU 2281341 C2, 10.08.2006

RU 2170183 C1, 10.07.2001

RU 2109645 C1, 27.04.1998

JP 2000302578 A, 31.10.2000

CN 1468891 A, 21.01.2004

US 6679933 B1, 20.01.2004

FR 2796895 A1, 02.02.2001

UA 68157 A, 15.07.2004

UA 68435 U, 26.03.2012

RU 2130390 C1, 20.05.1999

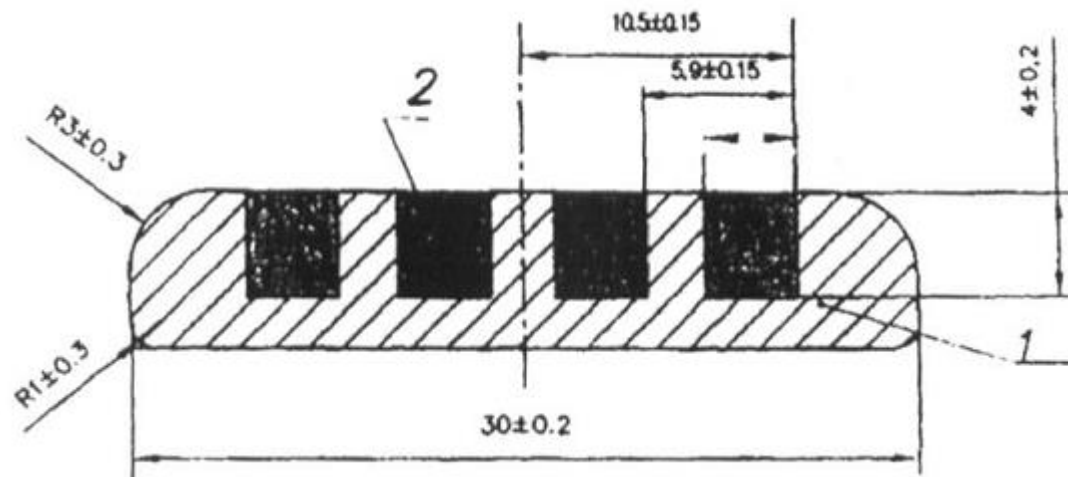
## (54) СПОСІБ ВИГОТОВЛЕННЯ КОМПОЗИЦІЙНОЇ СТРУМОЗНІМНОЇ МІДНО-ГРАФІТОВОЇ НАКЛАДКИ

(57) Реферат:

Винахід належить до залізничного транспорту. Спосіб виготовлення композиційної струмознімної мідно-графітової накладки для потужнострумових полозів пантографів електровозів залізничного транспорту, що працюють на постійному струмі, включає виконання зміцненої струмопровідної мідної пластини, що містить нижню опорну частину, яка не зношується, і верхню робочу частину, яка зношується у процесі експлуатації. На робочій частині виконують виїмки, заповнюють їх графіто-бакелітовою пастою, при вмісті дрібнодисперсного графіту відносно маси однієї накладки  $8,5 \pm 0,5$  мас. %. Масове співвідношення дрібнодисперсного графіту до сполученого (спиртовий розчин бакелітового лаку і уротропін як отверджувач) дорівнює 1:1. Полімеризацію графіто-бакелітової пасти виконують термотвердінням при температурі  $80 \pm 5$  °C протягом 3 годин шляхом розміщення накладок поодиноці в один ряд у сушильній камері. Винахід забезпечує підвищення самозмащувальної здатності графітовмісного композита та антифрикційних властивостей, оптимальний знос на 1000 км пробігу як робочої поверхні міді, так і контактного дроту, високу стійкість до динамічних навантажень, максимальну (практично без втрат) передачу струму до електродвигуна,

UA 120350 C2

підвищену екологічну безпеку при виготовленні та експлуатації.



Винахід належить переважно до області електрифікованого залізничного транспорту, конкретно до виготовлення шаруватих композиційних порошкових контактних накладок для потужнострумівих рухливих струмознімних вузлів, що забезпечують ефективну передачу електроенергії від контактного проводу до двигуна електровоза. Контактний провід, як правило, мідний провід, підвішений на опорах уздовж осі залізничної колії поруч зіг'ягів у кожному прольоті між опорами для забезпечення рівномірності його зносу на довжині накладки - 600 мм, по 300 мм у кожную сторону від осі колії або від центру накладки у випадку порівняно прямолінійного напрямку шляхи і на гранично припустимій ширині 1200 мм накладки у випадку численних і крутих поворотів шляху.

Конструктивно струмознімна накладка (СН) виконана знімною та надійно закріплена на полозі пантографа за стандартною схемою, довжиною 1200 мм, шириною 30 мм і товщиною 6 мм, зокрема для конкретних відомих потужнострумівих конструкцій пантографів для важких вантажів електровозів типу ВЛ 8. Якщо полоз пантографа знаходиться в піднятому положенні й у притиснутому з визначеним зусиллям до контактного проводу, то струмознімна накладка при русі скочає по зазначеному проводу. При цьому в зоні контакту композиційного матеріалу накладки з проводом формується контактна поверхня, що змазує, яка у процесі експлуатації струмознімної накладки стирається на передбачену працездатну її товщину і при забезпеченні заданого пробігу вона замінюється на нову.

Сучасний стан рівня техніки по розглянутій проблемі досить докладно представлено у фундаментальній праці монографії ведучого фахівця Всеросійського інституту залізничного транспорту: Берент В.Я. Матеріали і властивості електричних контактів у пристроях залізничного транспорту. М.: Интест, 2005, 404 с. Матеріал для виготовлення струмознімних накладок повинен забезпечувати надійне струмознімання в будь-яких погодних умовах і мати комплекс корисних, а в цілому ряді випадків суперечливих і несумісних в однорідному матеріалі властивостей: мати високі механічну міцність і зносостійкість, тепло- і електропровідність, низький коефіцієнт тертя і малий перехідний електричний опір, високу електроерозійну стійкість, малу масу, стійкість до окислювання в повітряному середовищі й ін. Жоден з відомих однорідних матеріалів не має повного комплексу перерахованих властивостей.

На сьогоднішній день, поки відсутній подібний композиційний струмознімний матеріал (СМ), що максимально відповідав би усім вимогам залізниці.

Потужноструміві ковзні контакти являють собою відкриту трибосистему, у якій вирішальний вплив на характер і інтенсивність зносу пари тертя контактний провід - струмознімна накладка роблять силу струму в ланцюги, швидкість взаємного переміщення учасників пари тертя, нормальну силу натискання струмознімної накладки до контактної проводу, стан навколишнього середовища, властивості струмознімної накладки і контактної проводу, досконалість струмознімного пристрою і, зокрема, його інертність, еластичність і ін.

У монографії В.Я. Берента [1] визначені три групи факторів, що впливають на працездатність потужнострумівих ковзних контактів: конструктивні (профіль перерізу проводу, число струмознімних елементів на полозі, тип підвіски), матеріалознавчі (матеріал контактів, вид змащення) і експлуатаційні (швидкість ковзання, сили, що діють на контакти, величина струму, навколишнє середовище).

Основний вплив на надійність контактів чинять фактори, що викликають ушкодження і руйнування їхніх поверхонь тертя.

Кліматичні умови призводять до покриття контактів ожеледдю і памороззю, унаслідок чого відбувається утворення дуги і зв'язане з цим інтенсивне ерозійне ушкодження і знос контактів.

При підвищеній вологості зовнішнє змащення полоза змивається, здатність його знижується, що призводить до утворення задирок на металевих контактах, а, отже, до інтенсивного зносу контактів.

Аналогічні наслідки, зв'язані з порушенням електричного контакту, спостерігаються при інтенсивній взаємодії матеріалів контакту з навколишнім середовищем. Органічні речовини, що є присутнім у середовищі, що оточує контакти, адсорбуються на їхніх поверхнях.

У результаті їх піролізу, крекінгу і коксування на контактах з'являються плівки з високим електроопором.

Відзначається, що порушенню електричного контакту сприяє інтенсивна взаємодія їхніх матеріалів з киснем повітря, сірчистим газом, сірководнем, що призводить до утворення плівок, що погано проводять електричний струм.

Сила притиснення полоза до проводу, конструкція й еластичність струмознімної каретки пантографа значно впливають на знос проводу і струмознімних елементів.

При збільшенні швидкості ковзання знос контактів залишається досить високим, незважаючи на процеси окислювання, що відбуваються при цьому і знижують його. Знос проводу може збільшуватися в 1,5-3,5 рази при збільшенні швидкості від 50 до 100 км/ч, і вище.

Значне зниження зносу проводу можна досягти при зменшенні спадання напруги в контакт, що можливо при зниженні питомого електричного опору матеріалу струмознімних елементів. Знеміцнення міді при нагріванні проводу вище припустимого в місцях значного зносу також призводить до його руйнування.

Таким чином, узагальнення факторів, що чинять вплив на працездатність потужнострумового ковзного контакту, дозволяє обґрунтувати передумови вибору компонентів композиційного струмознімного матеріалу, а також принципи його конструктивного виконання.

В ідеалі якість матеріалу струмознімної накладки повинна максимально задовольняти всім перемінним параметрам рухливого складу. Іншими словами матеріал СН повинний мати максимальні електро- і теплопровідність, міцність, низький коефіцієнт тертя і перехідний опір до окислювання, мінімальну масу і інші властивості для того, щоб перекидати всі можливі екстремальні умови експлуатації струмознімного пристрою.

Значною мірою такий комплекс властивостей мають композиційні матеріали. Сам термін "композиційні" передбачає, що ці матеріали побудовані за принципом сполучення різнорідних по властивостях елементів з метою максимально раціонального використання найбільш цінних властивостей кожної зі складових при строго заданих і штучно регульованих параметрах структури.

Незважаючи на великий обсяг експериментальних опублікованих даних, практично відсутні дані, які б однозначно зв'язували експлуатаційні характеристики композиційного матеріалу з властивостями вихідних компонентів. Це видно з того, що властивості композита залежать не тільки від його хімічного складу, але і від структури, розташування, розмірів і форми відособлених фаз у композиті, міцності зв'язку між ними, наявності або відсутності хімічної взаємодії між компонентами в процесі виготовлення й експлуатації композита. Тому при розробці СН необхідно враховувати вплив цих факторів на кінцевий результат.

Відомо багато структур струмознімних композиційних матеріалів. Структурами, що представляють найбільший інтерес, служать т. н. порошкові і шаруваті композити.

Порошкові композити являють собою неоднорідні тіла, що складаються з двох або більше і різнорідних відособлених фаз у вигляді дрібнодисперсних часток з визначеним взаємним розташуванням. Виготовляють такі композити шляхом змішування вихідних порошкових компонентів, їхнього ущільнення в прес-формах і спікання у вакуумі, у захисній або відбудовній атмосфері. Цей метод широко використовується при виготовленні струмознімних матеріалів на основі металів і графіту.

Так названі шаруваті або комірчасті композити [1] являють собою тіла із шарами, що чергуються, двох або більш різнорідних матеріалів, певним чином скріплених між собою. Зазначені шари можуть бути однорідними або складатися з композиційних матеріалів.

Також сучасний рівень техніки по розглянутій проблемі знайшов своє відображення в монографії: В.С. Поліщук, В.І. Буковский, К.І. Доценко "Композиційні струмознімні матеріали для рухливих складів залізничного транспорту", Науково-технологічний центр "Реактивелектрон" Національної академії наук України, Донецьк, "Вебер" (Донецьке відділення), 2008, 136 с [2]. Список використаної технічної літератури включає 75 найменувань. Наведено дані про склади і властивості струмознімних матеріалів, що використовуються на залізницях різних країн світу. Описано комплекс технологічних процесів і прийомів одержання самозмащувальних композиційних порошкових і шаруватих (комірчастих) струмознімних матеріалів.

НТЦ "Реактивелектрон" НАН України питаннями досліджень і розробки струмознімних матеріалів для потужнострумових контактів, використовуваних на залізницях, займалися з 2001 р. по 2014 р. За цей час розроблені технології одержання СН, виконані комплексні дослідження різних типів композиційних струмознімних матеріалів (порошкові, шаруваті), у тому числі з використанням цілого ряду деклараційних патентів України:

1) № 42520 А, В60L 5/08 і ін. Композиційний матеріал для струмознімних контактів. Як аналог був зазначений патент РФ № 2049687, В60L 5/08. Спосіб виготовлення струмознімача, оп. бюл. 34, 1995, одержуваний з порошків заліза, міді, графіту, цинку, фосфору. Як прототип був вибраний патент України № 10981, С22С 9/00, бюл. № 4, 1996 "Композиційний матеріал для електричних контактів на основі міді". Цей матеріал одержували методом спікання з порошків до монолітного стану порошкових компонентів;

2) № 42522 А, С22С 9/00. Спосіб одержання струмознімних, переважно контактних накладок пантографів залізничного електротранспорту. Як аналог був зазначений згаданий вище патент РФ № 2049687, В60L 5/08, а як прототип патент РФ № 2038400, В22С 9/00, 1995 р.

3) № 68157 А, В60L 5/08, С22С 9/00, Н01Н 1/02 "Струмоznімна накладка", опубл. бюл. № 7, 2004.

4) № 68435, С22С 9/00, заявл. 5.09.2011, опубл. 26.03.2012 "Спосіб виготовлення порошкової мідно-графітової накладки"

5 Слід спершу вказати суть рішення по прототипу патенту № 42520, патенту України на винахід № 10981, С22С 9/00, 30.12.1992, опубл. бюл. № 4, 25.12.1996 на відомий композиційний матеріал для електричних контактів на основі міді, що містить графіт і кадмій і додатково хром, при їхньому співвідношенні, мас. %: графіт - 0,5-2,0; кадмій - 0,8-1,0; хром - 0,5-2,0; мідь - решта.

10 Для підвищення твердості і міцності, а також у випадку використання матеріалу для ковзних контактів, необхідно забезпечувати більш високу стійкість до схоплювання. Хром має твердість HB=80-100 кг/мм<sup>2</sup>, температуру плавлення 1800 °С, значний питомий електричний опір.

15 У процесі твердофазного спікання хром і мідь взаємно не розчиняються. Наявність графіту необхідно для додання контактам стійкості до зварювання. При цьому наявність у сплаві графіту викликає зниження основних фізико-механічних показників матеріалу. У процесі одержання цього матеріалу для дослідження його властивостей готувалася шихта різного складу, що включає компоненти композиційного матеріалу.

20 Вихідну шихту змішують у змішувачах до одержання однорідного складу, як правило не менше 1,5 години. З отриманої шихти пресують зразки розміром 5·5·70 мм. Пресування здійснюють на пресах при питомому тиску 4 т/см<sup>2</sup>. Отримані заготовки спікають в атмосфері осушеного водню при температурі 900±20 °С протягом не менше 1 години.

Спечені зразки піддавали повторному пресуванню при питомому тиску протягом не менше 1 години. Було досліджено, що введення графіту більше 2 мас. % призводить до різкого зниження механічних властивостей і електропровідності композиційного матеріалу на основі міді і тому вводити його у великих кількостях недоцільно.

25 Подальший розвиток вищевказаного патенту України № 10981, В60L 5/08 показано в розробці НТЦ "Реактивелектрон" НАН України двох взаємозалежних єдністю розв'язуваної задачі деклараційних патентів України: № 42520, В60L 5/08, С22С 5/08, Н01Н 1/02, опубл. 15.10.2001, бюл. № 9 "Композиційний матеріал для струмоznімих контактів" і № 42522 С22С 9/00 і ін. "Спосіб одержання струмоznімих пластин", опубл. 15.10.2001, бюл. № 9.

30 По патенті № 42520 вирішувалася задача підвищення зносостійкості накладки й уповільнення процесу стирання нею контактного струмонесучого мідного проводу. Композиційний матеріал для струмоznімих контактів, що містить мідь, хром і графіт, що відрізняється тим, що мідь і хром знаходяться в стані сплаву і являють собою монолітну матрицю, а графіт - у гранульованому і рівномірно розподіленому стані в обсязі цієї матриці, при такому співвідношенні складових, вага. %: графіт - (1,5-3,0), хром - (0,2-2,0), мідь - інше.

35 Конкретною відмінністю є те, що розміри гранул графіту складають 80-250 мкм.

Іншою конкретною відмінністю є те, що найвища ефективність досягається при наступному співвідношенні, вага. %: графіт - 1,5-5,2, хром - 0,4-1,0, мідь - решта.

40 Такі експериментальні накладки в кількості 1200 шт. були виготовлені в НТЦ "Реактивелектрон" і протягом двох років успішно пройшли експлуатаційні іспити на Донецькій залізниці.

45 По патенту № 42522 вирішувалася задача одержання струмоznімої пластини з однорідною дрібнозернистою матрицею на мідній основі з рівномірним розподілом у ній гранульованого графіту. Спочатку сплавляють мідь із хромом, в отриманий розплав додають гранульований графіт, змішують до рівномірного розподілу графіту в розплаві, потім отриману суміш розливають у ливарні форми і впливають на неї в поле відцентрових сил для зрівноважування сили Архімеда спливання графіту, що виключає можливість сегрегації компонентів суміші, далі прохолоджують суміш до повної кристалізації розплаву, після чого таким шляхом отримані заготівлі формують прокаткою до необхідних розмірів і профілів з коефіцієнтом обтиснення 1,5-3,0.

50 Таким чином, кристалізаційний мідно-хромовий сплав дає матрицю, що утримує в собі гранульований графіт. Обтиснення прокаткою робить матеріал матриці значно більш міцним, твердим і отже більш зносостійким у процесі експлуатації. Досвід експлуатації зазначеного композиційного безпористого сплаву міді з хромом показав, що струмоznімі накладки з такого матеріалу значно довше служать, чим накладки зі спеченого порошкового композитного матеріалу, знижують інтенсивність зношування контактного проводу. Однак при всіх наявних перевагах накладки зі сплаву міді з хромом мають наступні недоліки.

По-перше, складна технологія їхнього одержання внаслідок необхідності виготовити спеціальне устаткування, що дозволяє в розплаві за допомогою відцентрових сил

врівноважувати Архімедові сили й одержувати тверду суміш у вигляді злитка з рівномірно розподіленим у ньому гранульованим графітом.

По-друге, має місце недостатній рівень адгезії графіту до контактного проводу, унаслідок чого може, спостерігатися підвищений знос як самого мідного проводу, так і струмознімної накладки. Тому, у наступному деклараційному патенті України № 68157, B60L 5/08 запропонували використовувати зазначений мідно-хромовий сплав для виготовлення металевої струмопровідної пластини у вигляді шаруватої композиційної струмонесучої накладки. Були виготовлені 1200 екз. експериментальних струмознімних накладок. У Ясиноватському електровозному депо Донецької залізниці протягом двох років проводилися експлуатаційні перевірки. Накладки показали високий технічний рівень і відповідність нормативним вимогам залізниць України.

З урахуванням позитивних результатів експлуатації у деклараційному патенті на винахід № 68157 А, B60L 5/08, C22C 9/00, H01H 1/02, оп. 15.07.2004 "Струмознімна накладка" прийшли до висновку, що кращими матеріалами для струмознімних накладок пантографів можуть бути композизити, що містять метал і графіт, при цьому графіт служить як змащення між накладкою і контактним проводом. Цим винаходом вирішувалася задача створення такої конструкції композиційної струмознімної накладки, яку можна виготовляти за спрощеною технологією без використання відцентрових сил і яка мала б склад, що самозмащує, на основі графіту, названий як "лігатуротвірний компонент". Як металеву пластину використовують пластину довжиною 1200 мм із мідно-хромового сплаву, що містить 0,2-2,0 % хрому, на робочій стороні якої виготовлені ямки, заповнені спеціальною графітовмісною сумішшю, стійкою до вологи, температури і з підвищеною адгезією до поверхні контактної проводу і до робочої поверхні.

Ямки рівномірно розподілені рядами уздовж пластини по робочій поверхні металевої пластини і сумарно займають 1,5-10 % її поверхні. Глибина кожної ямки вибрана трохи більшої товщини робочої поверхні струмознімної накладки. Точний склад пастоподібної суміші в описі не розкритий і використовується як "ноу-хау".

Як так званий лігатуротвірний компонент для заповнення ямок використовувався розчин дрібнорозділеного графіту з жировим солідолом, котрий також наносився у вигляді шару на робочу поверхню пластин із мідно-хромового сплаву. Однак, в процесі експлуатації подібних накладок виявлялось, що при підвищеній вологості в дощову погоду жировий солідол швидко вимивався як з робочої поверхні накладки, так і з ямок, що неприпустимо. Хоча, в суху погоду антифрикційні якості були відмінні, так як практично був відсутній знос як на робочій поверхні накладки, так і на поверхні контактної проводу.

В даний час патент № 68157 А не діє.

До недоліків технічного рішення по зазначеному патенту варто віднести тривале виконання металевої пластини з досить дефіцитного мідно-хромового сплаву, а також значні відстані між сусідніми ямками, що погіршує властивості, що змащують, графітовмісної суміші. Сумарна поверхня зазначених ямок стосовно поверхні всієї композиційної накладки складає всього 1,5-10 %.

В монографії [2] був також проаналізований відомий ряд використовуваних на залізницях України композиційних накладок, виготовлених методами порошкової металургії з використанням міді і графіту, табл. 2.2, стор.117-119.

1) ВЖ-ЗП (ВНИИЖТ, Росія) мас. %: Fe - 70,7; Cu - 5,0; Sn - 2,3, розміри накладки 6×30×300 мм, маса накладки 2,4 кг, твердість "НВ" - 80,6 кг/мм<sup>2</sup>, пробіг до зносу 25-30 тис. км. Недолік: сильний знос контактної проводу, зняті з експлуатації в 2005 р.

2) "Романіт" (ТОВ "ИНТЕРМЕТ", Росія) мас. %: сталева підкладка - 2 мм, Cu - 70,5; Fe - 21,0; C - 4,5; Si - 2,3; розміри накладки 10×30×1200; маса накладки 2,5 кг, твердість НВ - 31,8 кг/мм<sup>2</sup>; пробіг 35-40 тис. км. Контакт надійний. Матеріал неоднорідний. Наявність пропилів, /погроза обриву проводу.

3) МГ-487 (Електрокарбон, Словаччина) мас. %: Cu - 88,8; Fe - 4,8; Pb - 4,3; Ni - 0,47; C - 0,95; розміри накладки 10×25×250 мм, маса накладки - 2,3 кг, твердість НВ - 47 кг/мм<sup>2</sup>, пробіг - 11-15 тис. км. Недолік: наявність свинцю, малий пробіг, а також перенос матеріалу накладки на контактний провід.

Установлено, що найважливіші параметри струмознімних матеріалів залежать як від їхнього хімічного складу, так і від технології виготовлення. Також установлено, що порошкові композиційні матеріали, застосовувані для струмознімних накладок, мають істотно низьку зносостійкість, ніж шаруваті композиційні матеріали, що спричиняється слабкими зв'язками часток спеченого порошку між собою.

Графіт, що є присутнім у композиті, роз'єднує частки міді і послабляє зв'язку між ними. При вмісті графіту в порошковому мідно-графітовому композиті більш 35±40 об. % дуже складно одержати досить міцний матеріал, придатний для використання як струмознімної накладки.

Відомий ряд технічних рішень на рівні патентів, по дослідів властивостей шаруватих композиційних накладок.

Відомий патент РФ на винахід № 2130390, B60L 5/08, 3.06.1997 "Контактна вставка струмознімачів і струмопровідний матеріал для її виготовлення", що належить до електротранспорту, конкретно до струмоприймальних елементів - вставок-накладок. Накладка виконана у вигляді пластини з двох шарів спресованих порошкових композиційних матеріалів різної електропровідності. Верхній шар, що контактує зі струмопроводом, виконаний з порошкового композиційного матеріалу на основі графіту (80-86 %), обсяг якого складає 65-70 % від загального обсягу вставки. Як зв'язуюче використовувався уротропін. Нижній шар накладки виконаний з вуглевмісного композиційного матеріалу з добавкою високодисперсного металевого порошку (60-90 об. %). Як металевий компонент використовують в основному порошки чавуну або заліза з розміром часток не більше 0,15 мм.

Недоліком зазначеної контактної вставки є низька навантажувальна здатність по струму і підвищений її знос. Виконання вставки з двох шарів, що мають різну по величині електропровідність, різні фізико-хімічні характеристики і розташовані паралельно поверхні контакту накладки зі струмонесучим проводом, сприяє формуванню додаткового опору на границі розділу зазначених шарів. Це значно знижує номінальний струм струмоприймача. Цьому ж сприяє багатофазність структури нижнього шару, що складається з часток, металу високої дисперсності, ізольованих один від іншого діелектричними плівками.

Незважаючи на високі властивості верхнього змащувального шару накладка піддається високому зносові внаслідок низької твердості і міцності при високому вмісті графіту (80-86 %), а отже зниженню експлуатаційної стійкості.

Відома по патенту України на винахід № 74952, B60L 5/08, 6.05.2004, опубл. бюл. № 2, 2006, контактна вставка, як удосконалення проаналізованого вище патенту № 2130390, виконана тришаровою, причому шари в ній розміщені перпендикулярно поверхні контакту. Крайні шари мають однакову ширину і виготовлені з графітококсів пресованого композиційного матеріалу при наступному співвідношенні, вага %: кокс - 30 %, графіт - 50 %, зв'язувальна фенолформальдегідна смола - 20 %. Склад композиційного матеріалу в середньому шарі, що розміщують, містить перпендикулярно до контактної поверхні накладки мідні дискретні волокна: графіт - 60 %, кокс - 15 %, мідь - 7 %, зв'язувальне - 18 %. Описано технологію виготовлення зазначеної накладки.

Формування шарів зазначеної накладки здійснюють шляхом послідовного засипання в прес-форму порошкоподібної шихти відповідного складу при одночасній підпресовці шихти при 15-20 МПа з наступним додатком до накладки плоскопаралельного тиску величиною 30-50 МПа з подальшою термічною стабілізацією вставки при 300±10 °C протягом 30-40 хв. Ширина накладки 30 мм, ширина кожного з крайніх шарів може складати від 1,5 мм до 9 мм із кроком зміни 1,5 мм і 3 мм. Патент слугує основою для вибору ширини шарів міді і графіту в таких конструкціях накладок.

При цьому в залежності від ширини шарів навантажувальна здатність струмоприймача змінюється в межах від 2100 А до 1150 А, міцність від 60 кг/см<sup>2</sup> до 100 кг/см<sup>2</sup>, питомий знос від 3 мм/1000 км пробігу до 0,6 мм/1000 км пробігу. Зразки таких накладок використовувалися в умовах експлуатації на Придніпровській залізниці України.

В монографії [2], стор. 119 вказано, що була розроблена і випробувана в реальних умовах експлуатації на Донецькій залізниці шарувата композиційна мідно-графітова струмознімна накладка складу, мас. %: Cu - 88,2 % (65 об. %) природний графіт С - 11, 4 мас. % (35 об. %), розміри накладки 6×30×1200 мм, маса накладки 1,7 кг, твердість HB - 89,7 кг/мм<sup>2</sup>, пробіг - 80-90 тис км. Надійне струмознімання в будь яких погодних умовах, низький питомий електричний і перехідний опір, мала маса і незначний знос контактного проводу.

Дослідженням [2] також встановлено, що в залежності від ступеня завантаженості струмознімного механізму існує оптимальне співвідношення металевих і графітових компонентів у шаруватому композиті. Для могутніх електровозів оптимальний зміст графіту в композиті складає 30-35 об. %, для електропоїздів - 60-65 об. %.

Також встановлено, що властивості композиційних токознімних матеріалів на основі міді і графіту істотно залежать від якості (шаруватості) графіту. Кращими антифрикційними властивостями, що змащують, має природний графіт марки ГС-2.

Дослідні екземпляри мідно-графітових композиційних струмознімних шаруватих накладок на основі мідь-графіт відкрито використовувались в експлуатації без патентування протягом ряду років, і лише в 2011 році були 5.09.2011 р. одночасно подані дві заявки на корисні моделі.

По заявках були отримані на ім'я НТЦ "Реактивелектрон" НАН України відповідно патент на корисну модель № 68434 А, В60L 5/08, С22С 9/00, Н01Н 1/02 "Струмознімна накладка", опубл. бюл. № 7, 2004 і № 68435, С22С 9/00, заявл. 5.09.2011, опубл. 26.03.2012 "Спосіб виготовлення порошкової мідно-графітової накладки".

Як прототип по корисній моделі № 68434 був вибраний проаналізований вище деклараційний патент України на винахід № 68157 А, котрий в частині конструкції мідної пластини майже повністю увійшов в довідмінну частину заявленої формули. Як відмінні ознаки заявки були вказані конструктивні ознаки поперечного перерізу зміцненої мідної накладки. Струмопровідна мідна пластина заявлена на основі міді ряду класів марок М1, М2, М3 у вигляді шин товщиною 6 мм, шириною 30 мм і довжиною 1200 мм при вазі накладки по номіналу 1,7 кг. Поздовжні пази, заповнювані стверджуваним графітовмісним композитом, що змащує, розміщені по її довжині в чотири ряди із шарами міді між суміжними пазами номіналом в межах 2,4-2,75 мм, що допускаються по ширині пазів 3,0-3,5 мм і глибині пазів  $4 \pm 0,2$  мм.

В даний час патент України на корисну модель № 68434 не діє. В опублікованому описі до патенту наявний цілий ряд не виправлених заявником неточностей в цифрових характеристиках технічних показників подібних накладок, зокрема, при вказівці валового процентного відношення термоствердженого розчину графітовмісного композита 2-3 мас. % для заповнення пазів у накладці до ваги готової накладки. Проблема підготовки графітовмісної пасти з підвищеною адгезією до міді, і заповнення нею пазів з надійним закріпленням взагалі не була відображена в заявці і зажадала для свого рішення додаткових досліджень.

Експерименти по патенту на другу корисну модель № 68435 показали, що порошковий спосіб виготовлення мідно-графітових накладок досить трудомісткий, витратний, має місце підвищена пористість порошкових накладок 25-26 %, низька твердість в межах 22-23 кг/мм<sup>2</sup> НВ. Розміри накладок, відповідно товщина, ширина і довжина складають 8×30×300 мм, вага такої накладки 1,58 кг, пробіг до граничного зносу - 30 тис. км.

На основі проведеного аналізу наявних численних джерел інформації можна зробити ряд висновків щодо досягнутого рівня техніки, природи і механізмів зносу в потужнострумових мідно-графітових ковзних контактах, впливу на цей процес різних факторів і намітити шляхи розробки конструкцій нових, ефективних струмознімних накладок.

На сьогоднішній день відсутні ідеальні матеріали, які відповідають всьому комплексу вимог до потужнострумових ковзаючих контактів струмознімальних механізмів рухомого складу залізниць.

У світовій практиці використовують два основних види струмознімальних матеріалів: 1) вуглеграфітові для відносно слабких контактів і 2) металеві або композити на їх основі - так звані самозмазуючі матеріали для сильнонавантажених по струму локомотивів рухомих складів. Як струмознімальні матеріали використовуються алюміній, цинк, свинець, залізо, мідь, вольфрам, сульфід заліза, молибдену і вольфраму, графіт.

У сильнострумових композиційних струмознімальних матеріалах на металевій основі електро-, теплопровідність, механічну міцність і зносостійкість забезпечує металева компонента, а як змащуючий матеріал використовують графіт, в окремих випадках сульфід молибдену ( $\text{MoS}_2$ ), вольфраму ( $\text{WS}_2$ ) або нітрид бору (BN).

Максимально задовольняє вимогам, що пред'являються до потужнострумових ковзаючих контактів, є мідь і природний графіт. Мідь має високі електро- і теплопровідність, пластичність, але в м'якому стані недостатню твердість і міцність. Графіт в силу своєї природи є відмінним високотемпературним сухим мастилом. Електро- і теплопровідність, міцність графіту значно нижче міді. Але ці недоліки можуть бути компенсовані в композиті з матрицею на основі міді. Мідь з графітом не взаємодіють між собою і не утворюють сполук аж до температури плавлення, що вельми важливо для збереження цінних індивідуальних властивостей компонентів і композита в цілому.

Електро- і теплопровідність, зносостійкість, перехідний контактний опір, міцність, твердість та інші властивості композиційного матеріалу залежать також від кількісного співвідношення компонентів у ньому, його структури, розмірів і форми відокремлених фаз, технології виготовлення.

Змінюючи склад, структуру і технологію виготовлення композиційних матеріалів, можна в широких межах управляти їх властивостями з урахуванням конкретних вимог до струмознімальних пристроїв.



Як прототип, що цілком збігається по призначенню і по ряду основних ознак способу з винаходом, що заявляється, був вибраний проаналізований вище деклараційний патент України на винахід № 68157 А. Цей патент, незважаючи на зазначені вище його недоліки, став етапом до переходу від сплаву на базі порошкової структури до шаруватої структури композиційного мідно-графітового струмознімного матеріалу, що забезпечує більш високі експлуатаційні характеристики. Загальними ознаками прототипу і винаходу, що заявляється, є наступні:

- композиційна мідно-графітова струмознімальна накладка, переважно довжиною 1200 мм, товщиною 6 мм і шириною 30 мм, для відповідних потужнострумових полозів пантографів залізничного електротранспорту,

- яка виконана у вигляді зміцненої струмопровідної мідної пластини з двох складових композиційного шаруватого струмопровідного матеріалу,

- перший - з нижньої опорної частини, що не зношується,

- і другий - з верхньої робочої частини, що зношується в процесі експлуатації при взаємодії з контактним проводом, в обсязі якої певним чином рівномірно по її поверхні вздовж всієї її довжини на вибраних відстанях один від одного розміщені виїмки, заповнені самозмашувальним композитом у вигляді пастоподібної суміші дрібнодисперсного порошку графіту зі сполучною, причому глибина кожної з виїмок не менше товщини робочої частини.

В основу винаходу з урахуванням вищенаведених результатів проведених досліджень поставлена задача усунення недоліків відомого рішення, вибраного як прототип, шляхом удосконалювання як застосовуваного композиційного мідно-графітового шаруватого струмознімного матеріалу, так і конструкції самої струмознімної накладки, у частині поліпшення властивостей, що самозмашують, що підвищило б ефективність її використання.

У кінцевому рахунку це дозволить забезпечити технічний результат у вигляді мінімізації зносу контактуючих поверхонь у складі власне накладки і контактного проводу, збільшення тривалості пробігу електровоза до зношування робочої частини накладки.

Поставлена задача вирішується тим, що в способі виготовлення композиційної мідно-графітової струмознімальної накладки, переважно довжиною 1200 мм, товщиною 6 мм і шириною 30 мм, для полозів пантографів залізничного електротранспорту, що працюють на постійному струмі, яку виконують у вигляді зміцненої струмопровідної мідної пластини з двох складових частин композиційного шаруватого матеріалу, у складі першої - нижньої опорної частини, яка не зношується, і другої - верхньої частини, що контактує в процесі експлуатації з контактним проводом, яка зношується, в обсязі якої розміщують уздовж всієї її довжини на вибраних відстанях один від одного канавки глибиною не менше 4 мм товщини її робочої частини, заповнені самозмашувальним композитом у вигляді пастоподібної суміші дрібнодисперсного порошку графіту і сполучного.

Згідно з винаходом

- вихідну мідну заготовку накладки виконують з м'якої холоднокатаної міді за ГОСТ 1173-2006 по хімічному складу міді марки М1, М2, М3 за ГОСТ 859-2001 з шорсткістю не більше  $R_z \leq 40$  мкм, яку деформаційно зміцнюють до твердості на рівні 80-90 кг/мм<sup>2</sup> НВ і більше, наприклад, обтисненням прокаткою в каліброваних валках в процесі одночасного формоутворення і профілювання в частині, що зношується, чотирьох прямокутних канавок з мінімальними допусками за розмірами, при цьому обсяги міді в обох частинах накладки, як і площі мідних і графітовмісних смуг на робочій поверхні приблизно рівні, а

- самозмашувальний графітовмісний композит готують і заповнюють з ущільненням в порожнину канавок при вмісті графіту  $(8,5 \pm 0,5)$  мас. % у вигляді однорідної пасти з графіто-бакелітової суміші і сполучного з 8-процентного розчину уротропіну в спиртовому розчині бакелітового лаку з підвищеною адгезією до поверхні міді в порожнинах зазначених канавок, яку разом з накладками поміщають в сушильну камеру і здійснюють термотвердіння в ній при температурі  $(80 \pm 5)$  °C протягом 3-х годин, накладки виймають з сушильної камери і охолоджують до температури навколишнього середовища на сушильних столах, роблять візуальний контроль стану поверхні заготовок, які повинні бути із закругленими кінцями, не мати бугристості, задирок, поверхня заповнення канавок повинна бути рівною, без розривів.

- Конкретна відмінність полягає в тому, що для отримання графітового композита попередньо готують спиртовий розчин бакелітового лаку марки ЛБС-1 з уротропіном в герметичному боксі, забезпеченому місцевим відсмоктуванням повітря, при співвідношенні 1:0,087, в поліетиленовій ємності, для чого уротропін розтирають до розміру часток <100 мкм, компоненті зважують, поліетиленову ємність з сумішшю спиртового розчину бакелітового лаку марки ЛБС-1 і уротропіну щільно закривають кришкою, встановлюють на вібростенді і

перемішують протягом 1 години, візуально контролюють повне розчинення уротропіну і зберігають у герметично закритих металевих або пластикових ємностях не більше 30 діб.

- Інша конкретна відмінність полягає в тому, що приготування в необхідній кількості запасу графіто-бакелітової пасти з терміном зберігання не більше 10 діб, наприклад, для виготовлення партії по 500 шт. з пакетів по 10 накладок в кожному пакеті, котрі готують в герметичному боксі, обладнаному місцевим відсмоктувачем повітря на основі однорідної суміші графіту і сполучного компонента в співвідношенні 1:1, для чого компоненти зважують, в змішувач періодичної дії спочатку завантажується розчин уротропіну з бакелітовим лаком, а потім поступово засипається графіт, час приготування графіто-бакелітової пасти витримують в межах 0,5 годин, після чого отриману пасту вивантажують і фасують у поліетиленові ємності, які закривають кришками.

Причинно-наслідковий зв'язок між сукупністю відмінних ознак винаходу і технічних результатів, що досягаються, полягає в наступному.

Пропонується комбінаційне рішення з нових і порізно відомих ознак, що у сукупності дозволяють забезпечити рішення поставленої задачі.

По-перше, для зниження зносу контактної пари в складі мідної накладки і мідного контактного проводу необхідно забезпечити підвищену твердість застосовуваної мідної пластини. Потрібні значення твердості і шорсткості може забезпечити виконання її зі зміцнених прокаткою мідних шин з вихідних заготовок накладки з м'якого холоднокатаного сплаву міді М1.

По-друге, сумарна площа поверхні пазів, заповнених графітовмісним композитом, що самозмащує, підібрана принаймні у 3-5 разів більшої площі виїмок у вигляді ямок по прототипу для упевненого забезпечення рівномірності змащення ділянок міді лусочками шаруватого природного графіту. При цьому за рахунок операції твердіння полімерно-графітової суміші забезпечується формування на поверхні й в обсязі пазів досить твердої і легкої склоподібної маси, що складає 4-5 % від ваги готової накладки. Виконання струмопровідної мідної пластини приблизно з рівним по 50 % обсягами нижньою частиною, що не зношується, і робочою частиною, що зношується, забезпечує накладці гарний тепловідвід і гарну електропровідність.

По-третє, деформаційне зміцнення виступів міді на робочій поверхні частини накладки, що зношується, може бути досягнуто тільки за рахунок якісного профілювання прокаткою виїмок-каналок на всю робочу поверхню з вибраними мінімальними допусками розмірів за кресленням накладки.

По-четверте, для забезпечення точного відтворення мідно-графітових накладок в промислових обсягах партіями по 500-1000 шт. в кожній партії розроблений технологічний регламент і технологічне виготовлення самої накладки, а також пастоподібної суміші при вибраній концентрації графіту ( $8,5 \pm 0,5$ ) мас. % її кількості 60 г на одну накладку, полімеризації її замість 150-170 °С термотвердінням при зниженій температурі до  $(80 \pm 5)$  °С протягом всього 3-х годин з отриманням в'язкої ударостійкої маси в пазах з високою самозмащувальною здатністю графіту.

По-п'яте, прийняті всі належні заходи для безпеки роботи з незначними обсягами фенолформальдегідних смол і виготовленні накладок, наприклад спецодягу, а також в частині формування закритих боксів, обладнаних місцевим відсмоктуванням повітря. Самі накладки при експлуатації безпечні, не містять свинцю і не виділяють небезпечних летючих сполук.

Для зберігання і транспортування на накладку наносять шар антикорозійного складу.

Нижче наведені додаткові відомості по сплаву міді марки М1, а також по спиртовому розчину бакеліту і уротропіну.

Відомий Марочник сталі та сплавів, <http://splav-kharkov.com/mat>, запис М1, М2, М3 - мідь [3].

Мідь марки М1 хімскладом за ГОСТ 859-2001 має низький, в тисячних частках відсоток, вмістом значного числа можливих домішок і знаходить застосування для провідників струму, прокату і т.п. (Див. Марочник сталі та сплавів <http://splav-kharkov.com/mat>).

Відомий мідний сплав м'який холоднокатаний по ГОСТ 1173-2006, що має межу короточасної міцності 200-260 МПа і відносне подовження при розриві 42 %, твердість по Брінеллю  $HV \times 10^{-1} = 55$  МПа. А також по цьому ж ГОСТу відомий мідний сплав холоднокатаний твердий, який має зазначені механічні властивості відповідно 290 МПа, відносне подовження 6 % і твердість по Брінеллю  $HV \times 10^{-1} = 95$  МПа. Щільність матеріалу 8940 кг/м<sup>3</sup>. Коефіцієнт тертя з мастилом для мідного сплаву М 1 дорівнює 0,011, коефіцієнт тертя без змащення 0,43.

Відомо широке застосування фенол-формальдегідних смол для отримання різноманітних композиційних матеріалів на основі вуглеграфітових наповнювачів та полімерних зв'язуючих. Висока електрична провідність графітових з'єднань дозволяє застосовувати їх замість графіту як наповнювачів пластмас. Відомий цілий клас композиційних матеріалів, званий як графітопласти. Основними стадіями процесу отримання є: подрібнення сировини (смоли і наповнювачі) до необхідного гранулометричного складу, дозування і змішання вихідних

матеріалів, просочення наповнювачів зв'язуючим (вальцювання, екструзія), подальше подрібнення до отримання прес-порошку. Готові вироби можуть піддаватися термообробці для твердіння і зняття залишкових напруг, спіканню, карбонізації, заливці у форми, екструзії, лиття у форми, прокатці і т.п.

5 Всі графіти на повітрі мають самозмашувальні властивості (коефіцієнт тертя 0,05-0,2), підвищену стійкість до ударних навантажень, знижений коефіцієнт теплопровідності.

Відомі так звані резольні або бакелітові лаки на основі новолачних фенол-формальдегідних смол (ФФС), як правило на основі спиртів, які зазвичай полімеризують за допомогою уротропіну (гексаметилентетрамін) термотвердінням при 150-180 °С.

10 В отверділому стані резольні і новолачні ФФС мають близьку молекулярну та надмолекулярну структуру і являють собою густосітчасті поліметилефеноли з аморфною мікрогетерогенною структурою (див. Хімічна Енциклопедія в 5-ти томах. Вид-во Радянська Енциклопедія, Москва, 1998 р. Том 5 ФФСмоли, стр. 134-135) [4].

15 Вказується, що структура та властивості стверділих ФФС залежать від температури, швидкості і ступеня затвердіння, типу та кількості, що виділяються, летючих продуктів.

Типова щільність стверджених ФФС - 1,25-1,38 г/см<sup>3</sup>, деформаційна стійкість 140-180 °С, водопоглинення за 24 години, 0,3-0,4 %.

20 Уротропін (гексаметилентетрамін), C<sub>6</sub>H<sub>12</sub>N<sub>4</sub>, біла кристалічна маса, температура кипіння 280 °С, легко розчиняється у воді і спиртах. У вигляді 40 %-го спиртового розчину уротропіну технічного марки С ГОСТ 1381-73 Е використовується у виробництві пластмас, синтетичного каучуку та ін.

У кінцевому рахунку комбінація вищевказаних ознак забезпечує конструкції потужно-струмової шаруватої, струмознімної накладки, що заявляється, наступні технічні результати:

25 - практично без втрат передачу струму до електродвигуна від контактного проводу;  
- оптимальний знос на 1000 км пробігу електровозу як робочої поверхні міді, так і поверхні контактного дроту;

- високу стійкість до ударів, динамічних навантажень;

- покращену самозмашувальну властивість графіту, а також підвищені антифрикційні якості;

- підвищену екологічну безпеку як при виготовленні накладки, так і під час її експлуатації.

30 На кресленні схематично зображена шарувата композитна струмознімна накладка з конструктивними особливостями вказаної шаруватої мідно-графітової накладки в поперечному перерізі з розмірами пазів з чотирма безперервними по довжині мідної пластини пазами, заповненими отвердженою полімерно-графітовмісною пастою, де показані:

поз. 1 - мідна пластина; поз. 2 - графітовмісний композит;

35 Робота струмознімної накладки складається з наступного.

Конструктивно струмознімна накладка (ТН) виконана знімною таким чином, що може бути надійно закріплена на полозі пантографа за стандартною схемою для конкретних конструкцій пантографів. Якщо полоз пантографа знаходиться в піднятому положенні й у притиснутому з визначеним зусиллям до контактного проводу, то струмознімна накладка при русі сковзає по 40 зазначеному проводу. При цьому в зоні контакту композиційного матеріалу накладки з проводом формується контактна поверхня, що змашує, що створює захисну плівку. У процесі експлуатації струмознімна накладка стирається на передбачену працездатну її товщину і при забезпеченні заданого пробігу вона замінюється на нову.

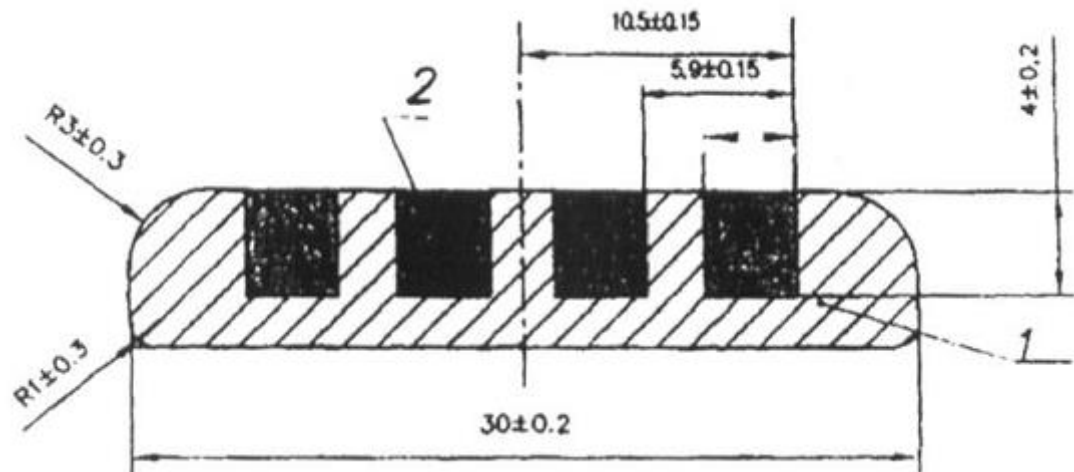
45 Розроблений технологічний регламент і виготовлене виробниче устаткування для виготовлення накладок, в тому числі з будь-яким вмістом графіту в однорідній пасті.

Заявлений спосіб також дозволяє при необхідності виготовляти вказані композиційні струмознімні мідно-графітові накладки з високим відтворенням властивостей в широкому діапазоні вмісту графіту в самозмашувальному композиті від 3-4 до 11,4 мас. % (9-12/-35 об. %) при підготовці підібраної графіто-бакелітової пасті на основі підібраних відповідностей 50 однорідної суміші графіту і сполучного композита у співвідношенні 1:1.

З обліком вищенаведених даних, винахід, що заявляється, відповідає нормативним вимогам по новизні, винахідницькому рівню і промисловій застосовності.

ФОРМУЛА ВИНАХОДУ

Спосіб виготовлення композиційної струмозмінної мідно-графітової накладки для потужнострумових полозів пантографів електровозів залізничного транспорту, що працюють на постійному струмі, який включає виконання зміцненої струмопровідної мідної пластини, що містить нижню опорну частину, яка не зношується, і верхню робочу частину, яка зношується у процесі експлуатації, на робочій частині виконують виїмки, заповнюють їх самозмащувальним графітовмісним композитом з дрібнодисперсного графіту і сполученого, який **відрізняється** тим, що для виготовлення пластини заготовку із м'якого холоднокатаного мідного сплаву за хімічним складом М1, з шорсткістю  $R_z < 40$  мкм, деформаційно зміцнюють до твердості на рівні 80-90 кг/мм<sup>2</sup> обтисненням прокаткою у каліброваних валках в процесі одночасного формоутворення і профілювання в робочу частину, яка зношується, виїмки виконують у вигляді чотирьох прямокутних канавок з глибиною, яка не менше товщини робочої частини, для одержання самозмащувального графітовмісного композита готують графіто-бакелітову пасту - однорідну суміш дрібнодисперсного порошку графіту зі сполученим на основі спиртового розчину бакелітового лаку і уротропіну як отверджувача, причому графіто-бакелітова паста являє собою однорідну суміш дрібнодисперсного порошку графіту і сполученого за їх масовим співвідношенням 1:1, при вмісті дрібнодисперсного графіту  $8,5 \pm 0,5$  мас. % відносно маси однієї накладки, далі графіто-бакелітову пасту заповнюють з ущільненням в порожнини виїмок робочої частини накладки, після чого виконують полімеризацію графіто-бакелітової пасти термотвердінням шляхом розміщення накладок поодиноці в один ряд у сушильній камері і здійснюють термотвердіння в ній при температурі  $80 \pm 5$  °С протягом 3 годин, після чого виймають накладки з сушильної камери і охолоджують до температури навколишнього середовища.



Комп'ютерна верстка А. Крулевський

Міністерство розвитку економіки, торгівлі та сільського господарства України,  
вул. М. Грушевського, 12/2, м. Київ, 01008, Україна

ДП "Український інститут інтелектуальної власності", вул. Глазунова, 1, м. Київ – 42, 01601