

Рухомий склад

ПРОБЛЕМИ СТРУМОЗЙОМУ

УДК 629.423

*Грищенко С. Г., канд. техн. наук,
Єфімов Є. В., інженер,
філія «Науково-дослідний та
конструкторсько-технологічний інститут
залізничного транспорту» Публічного
акціонерного товариства «Українська
залізниця» (Київ, Україна)*

ВИЗНАЧЕННЯ ЯКІСНИХ ПОКАЗНИКІВ МАТЕРІАЛУ ВСТАВОК СТРУМОПРИЙМАЧІВ ЕЛЕКТРОПОЇЗДІВ ПРИСКОРЕНОГО РУХУ

*Ключові слова: електропоїзди,
струмоприймачі, струмознімальні вставки,
матеріал вставок, фізико-хімічні показники,
порівняльний аналіз.*

Вступ та постановка проблем

З 2012 року на залізницях України введено у експлуатацію два типи електропоїздів прискореного руху: 10 поїздів HRCS2, виробництва компанії «Hyundai Rotem» (Республіка Корея) і 2 поїзди EJ675, виробництва компанії «Skoda Vagonka» (Чехія). Обидва типи електропоїздів розраховані на максимальну швидкість руху 160 км/год, мають подібні струмоприймачі виробництва «Faiveley-Lekov» (Франція-Чехія), з струмознімальними вставками з армованого міддю вуглецю, які експлуатуються приблизно у однакових умовах. Але експлуатаційна надійність струмознімальних вставок струмоприймачів цих електропоїздів суттєво різна. Кількість відмов вставок, в наслідок їх тріщин та руйнувань, на електропоїздах HRCS2 у разі перевищує відповідні відмови на електропоїздах EJ675. Це привело до необхідності проведення порівняльних досліджень фізико-хімічних показників матеріалу вставок струмоприймачів цих електропоїздів.

Літературний огляд

Зараз на електрорухомому складі змінного та постійного струму залізниць СНГ у струмознімачах використовуються, в основному, вставки з вугільних матеріалів на коксовій основі (тип А) і на вуглецевій основі

(тип Б), за ТУ 48-20-147-89 [1-3]. З впровадженням у 2012 році на Україні прискореного пасажирського руху, в струмоприймачах електропоїздів HRCS2 і EJ675 стали використовуватися вугільні (вуглецеві) вставки з просочуванням металами, виробництва фірми PanTrac (Німеччина). Технологію виготовлення вуглецево-металевих струмознімальних вставок для електричного рухомого складу залізниць, з просочуванням свинцьованою чи олов'яною бронзою, почала використовувати ще у 30-х роках минулого віку фірма Morgan Carbon (Великобританія). В результаті просочування в вугільній заготовці створювався розгалужений мідний каркас, що покращувало струмознімання та ресурс вставки. Потім подібні технології почали використовувати і інші виробники вставок [1, 3].

Струмознімальні вставки струмоприймальних пристроїв повинні мати великий ресурс та забезпечувати передачу електроенергії з контактної мережі залізниці до електрорухомого складу без значних втрат і з мінімальним зносом контактного проводу. Для контролю та підтвердження відповідності вставки цим вимогам використовується ряд показників, таких як: щільність, твердість, питомий електричний опір, межа міцності при згинанні, допустима лінійна щільність струму навантаження тощо. Також контролюється хімічний склад вставки та її мікроструктура. Переліки показників струмознімальних вставок, їх граничні рівні та методи визначення звичайно встановлюють їх виробники [3], без визначення пріоритетності впливу тих чи інших показників на ресурс вставок і контактного проводу. Але склад матеріалу вставки та його сполучення з матеріалом контактного проводу у значній мірі впливає, разом з зовнішніми факторами, на темп зносу вставки і проводу. Крім того, на працездатність вставок впливає і стан контактної мережі залізниці на ділянках обертання поїздів прискореного руху. Її невідповідність приводить до наднормативним зовнішнім ударам по вставкам струмоприймачів і, як наслідок, до їх руйнування чи виникнення сколів і тріщин. Як показує досвід експлуатації

РУХОМИЙ СКЛАД

струмоприймачів цього залізничного електрорухомого складу, особливості роботи їх електричних контактів що ковзають з великими діючими струмами по контактному проводу, зовнішні механічні впливи та процеси що діють в цих контактах обумовлюють особливі вимоги до матеріалів струмознімальних вставок. Для підвищення якості струмознімання зовні до електричного тягового рухомого складу та забезпечення необхідної працездатності контактних вставок струмоприймачів визначених типів рухомого складу необхідні постійні відповідні наукові дослідження з метою підвищення електроконтактних властивостей, міцності, ресурсу та термостійкості вставок, спрямованих на вибір найбільш придатних матеріалів для їх виготовлення [4-10].

Мета статті

Доведення результатів досліджень показників матеріалів вставок струмоприймачів українських електропоїздів прискореного руху та проведення їх порівняльного аналізу з метою визначення найбільш придатного матеріалу для використання в умовах залізниць України, при можливих нештатних впливах від контактної мережі дільниць руху.

Основні результати досліджень

Досліджувалися дві марки вуглецево-металевого матеріалу струмознімальних вставок струмоприймальних пристроїв які використовуються в струмоприймачах електропоїздів HRCS2 та EJ675. На них використовуються вставки з однакового матеріалу PantoDrive, виробництва компанії PanTrac (Німеччина), але різних марок: RH83M6 (на HRCS2) та RH85M6 (на EJ675). Паспортні данні цих матеріалів наведені у таблиці 1.

Таблиця 1.

Значення електричних і механічних показників вуглецево-металевих матеріалів RH83M6 та RH85M6 за їх паспортом

Показники матеріалу		RH83M6	RH85M6
Допустима лінійна щільність струму, А/мм	в русі	12-15	16-20
	на стоянці	2,5	2,7

Питомий електричний опір, мкОм*м	< 7	< 4
Щільність, г/см ³	2,8	3,4
Границя міцності на згин, МПа	85	95
Твердість по Роквеллу (HRC)	110	110

Під час лабораторних досліджень зразків матеріалу вставок визначалися їх наступні показники: питомий електричний опір, щільність, границя міцності на згинання, твердість по Шору (HS) та твердість по Брінеллю (HB). Крім того, визначалися хімічний склад матеріалу зразків та їх мікроструктура. Результати досліджень, які проводилися у атестованих лабораторіях філії «НДКТІ» ПАТ «Укрзалізниця», Інституту електрозварювання імені Є.О. Патона, Інституту проблем міцності імені Г.С. Писаренка та ЛМЗ «Веста» наведені у таблиці 2.

Таблиця 2.

Значення електричних, механічних і хімічних показників вуглецево-металевих матеріалів RH83M6 та RH85M6 за їх дослідженням

Показники матеріалу	RH83M6	RH85M6
Питомий електричний опір, мкОм*м	7,5	4,1
Щільність, г/см ³	2,8	3,2
Границя міцності на згин, МПа	90,1	112,0
Твердість HS	61,0	61,0
Твердість HB	74,0	74,1
Твердість HRC	72,9	74,6
Ударна в'язкість, Дж/см ²	2,5	3,4
Хімічний склад, %	Ca – 0,11 Cu – 30,50 Fe – 0,12 Al – 0,03 Sn – 7,18 C – 63,21	Ca – 0,05 Cu – 40,58 Fe – 0,03 Al – 0,08 Sn – 11,04 C – 43,48

При дослідженнях зразків матеріалів використовувалися: ваги електронні AXIS AD500, маятниковий копер МК-05, пристрій для випробувань на згин CD-4, мультиметр UT-71E, твердоміри різних типів та інші пристрої вимірів. Показники матеріалів визначенні у декількох лабораторіях приводилися до середніх значень. Мікроструктурні дослідження матеріалів вставок струмоприймачів виконувалися за допомогою світлових мікроскопів Axiovert-25CA і Neofot-21, з відповідним програмним забезпеченням. Хімічний склад матеріалу вставок досліджувався на оптичному емісійному спектрометрі з індуктивно зв'язаною плазмою ICAP 6500 DUO, які піддавалися дослідженням наведено на рис.1.

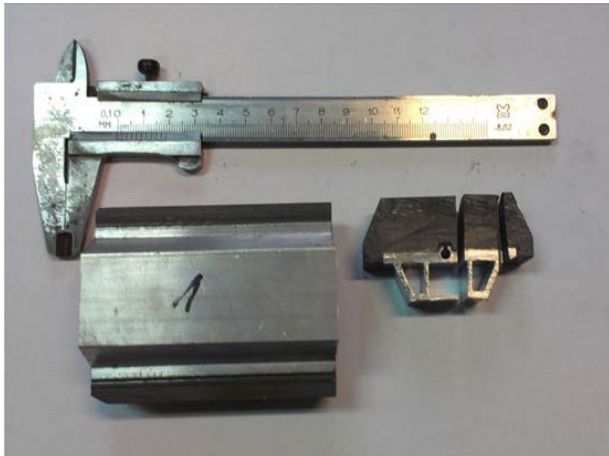


Рис. 1 – Зовнішній вигляд зразків вставок струмоприймачів з контактним матеріалом RH83M6 чи RH85M6.

Порівняння отриманих показників матеріалів RH83M6 і RH85M6, таких як питомий електричний опір та щільність, показує що вони у цілому відповідають паспортним даним для цих матеріалів, з врахуванням похибок при вимірюваннях. Щодо твердості, то вона практично однакова у обох матеріалів, як це і виходить з їх паспортних даних, але за своїм значенням вона на 32-34 % нижче твердості по Роквеллу що наведена у паспортах матеріалів. Тобто за цим показником матеріал що використовується значно не відповідає своїм ж паспортним даним, або існує значна

розбіжність у методах визначення твердості по Роквеллу що використовувалися при дослідженнях і у виробника матеріалу, що як свідчать інші дослідники має місце [3].

Порівнюючи отримані міцності показники матеріалів вставок необхідно звернути увагу на те що зразки з матеріалу RH85M6 мають найбільші значення границі міцності на згин, ударної в'язкості, а також щільності, що вказує на більшу потенційну стійкість цього матеріалу, ніж матеріалу RH83M6, до зовнішніх силових впливів (ударів). Значення електричного опору для матеріалу RH85M6 отримано найменше, як і за паспортними даними, що обумовлює менші температури у місті його контакту з контактним проводом при струмовому навантаженні і, як наслідок, менші внутрішні температурні механічні напруження у тілі вставки з цього матеріалу.

Результати хімічного аналізу показали що у зразках з матеріалу RH85M6 значно більший зміст міді і олова, на 33 % і 54 %, відповідно, що і обумовлює його менший питомий електричний опір. За результатами мікроструктур них досліджень матеріали RH83M6 і RH85M6 теж різняться між собою (рис. 2 і 3).

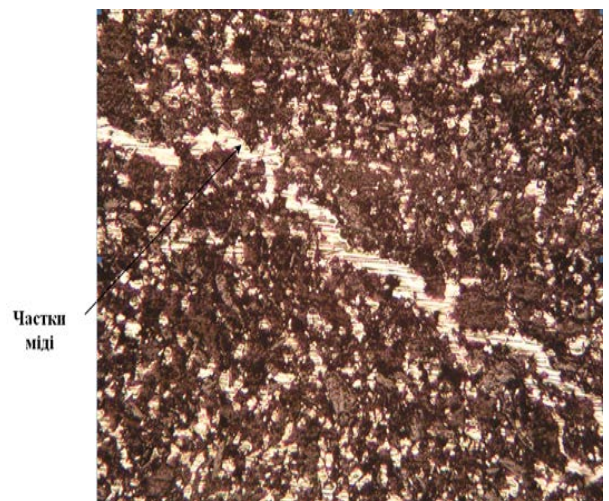


Рис. 2 – Вуглецево-металевий матеріал RH83M6, збільшення x 100.

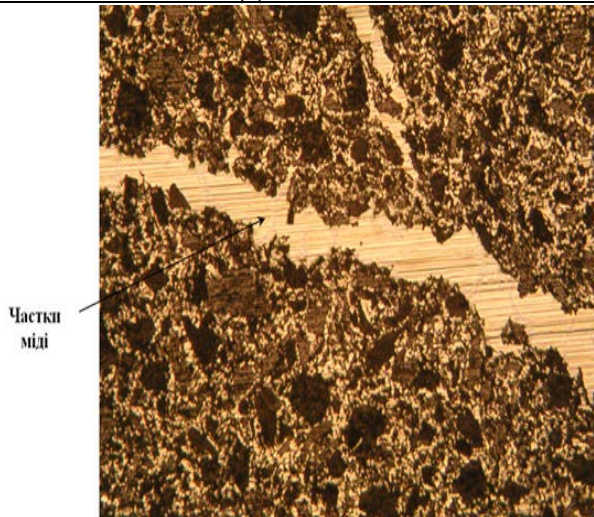


Рис. 3 – Вуглецево-металевий матеріал RH85M6, збільшення $\times 100$.

У матеріалі RH85M6 зв'язуючи структури між вкрапленнями вуглецю, міді та олова більш дрібні, ніж у матеріалі RH83M6. Частинки міді у матеріалі RH85M6 мають більші розміри, довжиною до 200 мкм. У матеріалі RH83M6 довжина мідних включень досягає 100 мкм. При цьому мідні включення у матеріалі RH85M6 розподіляються більш рівномірно. Нерівномірність розподілу у вуглецевому матеріалі частинок металу різних розмірів під час проходження через вставку електричного струму може визивати локальні розігріву матеріалу, в наслідок виникнення у цих місцях різниць електричних потенціалів та локальних струмів. Теплова енергія, що виникає, нерівномірно нагріває матеріал вставок, з відповідним його розширенням і, як наслідок, можливим виникненням внутрішніх тріщин та на поверхні матеріалу.

Висновки

Матеріал RH85M6 вставок струмоприймачів електропоїздів прискореного руху має більші значення щільності, ударної в'язкості і границі міцності при випробуванні на чистий згін та менший питомий електричний опір в порівнянні з матеріалом RH83M6. Порівняльний аналіз результатів лабораторних досліджень зразків матеріалів RH83M6 та RH85M6 дозволяє зробити попередній висновок про те, що матеріал RH85M6 більш придатний для експлуатації у струмоприймачах електропоїздів зі швидкостями руху до 160 км/год, при взаємодії з існуючою контактною мережею залізниць України. Для більш

обґрунтованого вибору матеріалів для вставок струмоприймачів електропоїздів прискореного і швидкісного руху в умовах залізниць України необхідно розгортання широких лабораторних, стендових і натурних досліджень різних матеріалів та конструкцій за критерієм оптимізації їх працездатності і зносостійкості.

Література

1. Купцов Ю. Е. Беседы о токоёмке, его надёжности, экономичности и о путях совершенствования / Ю. Е. Купцов. – М. : «Модерн-А», 2001. – 256 с.
2. ТУ 48-20-147-89. Вставки угольные контактные для токоприемников электроподвижного состава. Технические условия.
3. Гершман И. С. Токоёмные вставки для токоприёмников железнодорожного транспорта / И. С. Гершман, Н. В. Миронос, М. А. Мельник, Е.И. Гершман // Вестник ВНИИЖТ. – 2012. – № 4. – С. 3-10.
4. Купцов Ю. Е. Токоём, надёжность контактного провода и выбор материала контактных вставок токоприемников / Ю. Е. Купцов. // Вестн. ВНИИЖТ. –1992. – № 6. – 41-44.
5. Берент В. Я. Материалы и свойства электрических контактов в устройствах железнодорожного транспорта / В. Я. Берент. – М. : Интекст, 2005. – 408 с.
6. Гершман И. С. Совместимость материалов при трении с токоёмом / И. С. Гершман // Трение и износ. – Т. 23 – №5. – С.540-543.
7. Беляев И. А. Взаимодействие токоприемника и контактной сети при высоких скоростях движения / И. А. Беляев. – М. : Транспорт, 1968. – 160 с.
8. Вологин В. А. Взаимодействие токоприемников и контактной сети / В. А. Вологин. – М : Интекст, 2006. 256 с.
9. Беляев И. А. Токоём и токоприемники электроподвижного состава / И. А. Беляев, В. П. Михеев, В. А. Шиян. – Под ред. И. А. Беляева. Изд. 2-е, переработ, и доп. – М., «Транспорт», 1976. – 184 с.
10. Усов В. В. Металловедение электрических контактов. – В. В. Усов – М.; Л.: Госэнергоиздат, 1963. – 208 с.