



УДК 669.187

© 2008

Член-кореспондент НАН України В. Й. Лакомський

Явище електроконтактної пам'яті термоантрациту

Electrode thermoanthracite is the main raw material in the carbon electrode production. The study of electrocontact properties of thermoanthracite reveals, for the first time, its new physical phenomenon — the electrocontact memory.

Електродний термоантрацит, на відміну від видобувного антрациту, з якого він виробляється, є високоякісним вуглецевим матеріалом з досить високою електропровідністю (10^4 См/см [1]). Якщо до цього додати, що електродний термоантрацит, найдешевший з усіх шихтових матеріалів, які використовує електродна промисловість, то стане зрозумілим, чому він є найпоширенішою сировиною у виробництві різних вуглецевих електродів. Усі катодні блоки алюмінієвих електролізерів, самоспікливі електроди дугових феросплавних печей (електроди Содерберга) та електроди дугових печей для отримання карбідів кальцію, плавленого корунду та інших цінних продуктів електротермії виробляються із застосуванням термоантрациту.

Майже весь електродний термоантрацит, а його світове виробництво сягає 20 млн тон на рік, отримують шляхом відпалу антрациту в шахтних електричних печах, які іноді називають електрокальцинаторами. Пряме нагрівання вугілля у цих печах починається і далі відбувається тільки тому, що антрацит у верхніх шарах пічної шахти набуває первинної електропровідності внаслідок нагріву його гарячими газами на виході з печі. Незважаючи на це, до остатнього часу ніхто не вивчав ні електричні, ні електроконтактні властивості термоантрациту.

Вивчення зазначених властивостей почалося в Інституті електрозварювання ім. Є. О. Патона НАН України ще у 2002 р. та продовжується й дотепер [1–3]. Тільки отримавши ці знання нам вдалося вдвічі скоротити питомі витрати електроенергії з 1500 до 725 кВт-г/т [4]. (Треба додати, що на живлення семи печей Дніпровського електродного заводу витрачається майже третина усієї електроенергії, що виробляється на Каховській ГЕС). Крім цього нам вдалося виявити до сьогодні невідоме для термоантрациту явище — його електроконтактну пам'ять.

Вивчення електроконтактних властивостей термоантрациту проводилося шляхом побудови вольт-амперних характеристик термоантрацитових контактів при змінному тиску на

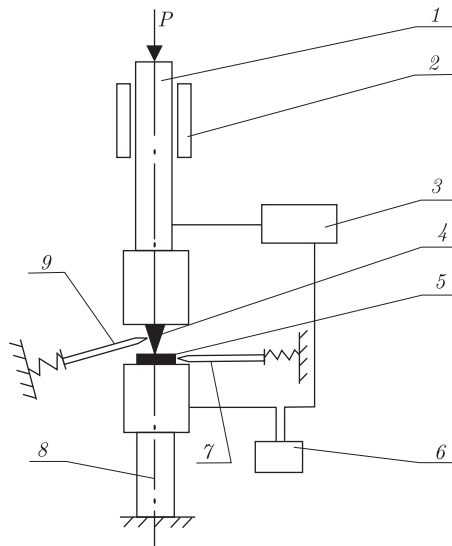


Рис. 1

контакт. Обробку отриманих експериментальних даних проводили з використанням теорії електричних контактів, розробленої Рагнарсом Хольмом [5] для металічних електроконтактів.

Вольт-амперні характеристики (ВАХ) контактів вивчали на простій установці, схему якої ілюструє рис. 1. Два мідних штока: верхній 1, що вільно пересувається у вертикальному напрямі 2, і нижній 8, який міцно зафіксовано на пластині з електроізоляційного матеріалу, мають на своїх кінцях глухі отвори (на рисунку не показано). У ці отвори за допомогою вуглецевої пасти, змішаної з бронзовою пудрою, було вмонтовано два зерна електродного термоантрациту: одне конусоподібної форми 4, друге — плоске 5. Після низькотемпературного коксування створене з'єднання набуло міцного механічного і хорошого електричного контактів.

До верхнього та нижнього мідних штоків від спеціального джерела струму 3 підводили в імпульсному режимі електричний струм. Силу струму вимірювали приладом 6. Імпульсний режим живлення використовували для того, щоб запобігти нагріву контактної плями на термоантрациті під час вимірювання падіння напруги на контакті. Важливою ознакою створеної установки було те, що падіння напруги на контакті вимірювали безпосередньо на зернах термоантрациту, а не на мідних штоках. Для цього було зроблено мініатюрні потенційні щупи 7 і 9, які притискувалися до зерен слабкими пружинами. Отримані від вказаних щупів електричні сигнали через аналого-цифровий перетворювач надходили в комп'ютер для подальшої обробки. Зміну зусиль притискання контактної пари створювали за допомогою сили P . Мінімальним зусиллям було 110 г, яке зумовлювалося масою верхнього штока, максимальне лімітувалося міцністю на розчавлення зерен термоантрациту.

Отримані нами експериментальні дані при імпульсному режимі живлення представлені на графіках рис. 2. Як і очікувалося, ВАХ контактів термоантрациту відображається прямою, що проходить через початок декартових координат. Похідна по струму кожного графіка є ніщо інше, як контактний опір термоантрациту. При $P = 110$ г він становить 1,16 Ом (див. графік 2, а). Звертає на себе увагу доволі великий розкид експериментальних точок на графіку 2, а.

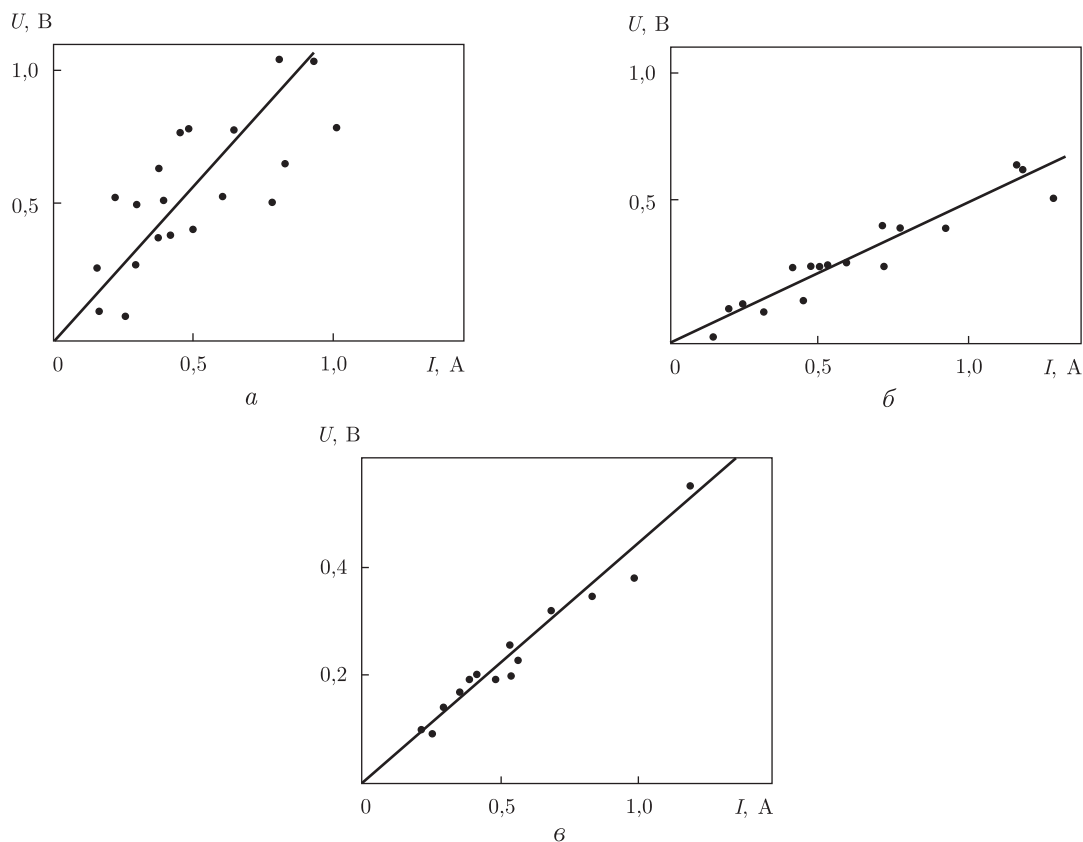


Рис. 2

Достатньо було підвищити зусилля притискання контактів до 540 г, як відтвореність експериментальних даних значно покращилася (див. графік 2, б), а контактний опір знизився до 0,46 Ом. Це свідчить, що притискного зусилля 110 г замало для нормальної роботи щойно зібраного контакту.

Після роботи контактів під тиском 540 г ми повернулися до значення $P = 110$ г і отримали ВАХ, наведену на графіку 2, в: ВАХ показує, що в даному випадку ми маємо найкращий з усіх проілюстрованих ВАХ коефіцієнт кореляції між похилою лінією ВАХ і експериментальними точками, а отже, контактний опір у цьому разі дорівнював 0,44 Ом — практично те саме $R_{\text{кон}}$, що ми отримали в попередньому експерименті при $P = 540$ г.

Експеримент був неодноразово повторений як на контактах термоантрацит — термоантрацит, так і на контактах термоантрацит — мідь. Результат був однаковим. Виявлений ефект підтверджувався.

Спостережуване фізичне явище, на наш погляд, можна назвати, за аналогією з механічною пам'яттю [6], електроконтактною пам'яттю і пояснити його таким чином.

Відомо, що термоантрацит, як і його сировина, — матеріал доволі крихкий. Твердість термоантрациту, за Моосом, становить 7–8 балів [7]. Термоантрацит анізотропний матеріал, має явно виражену пластинчасту структуру. При механічному тиску на термоантрацит, особливо локальному, останній руйнується (подрібнюється) без пластинчастої, а тим більше, пружно-пластичної деформації [2]. Продукти руйнування термоантрациту є мікроскопічними частками кристалічної структури, серед яких зустрічаються мікропластинки гра-

фіту, оскільки в електродному термоантрациті звично знаходять 6–8% графітової складової структури цього матеріалу. Із зростанням сили притискання одного зерна термоантрациту до другої структура електроконтактної плями руйнується безпосередньо в площині цієї плями [2]. В такому разі кожному притиску буде відповідати своя структура катодної плями, через яку електричні заряди проходилимуть з найменшою втратою енергії. Але це відбувається тільки в разі зростання стискної сили. Цілком зрозуміло, що зі зниженням стискної сили такий процес у зворотному напрямі не може відбуватися, оскільки термоантрацит суто крихке тіло і пружної деформації позбавлений повністю. Детальніше цей процес формування електроконтактних плям на поверхні зерен термоантрациту викладено нами у роботі [2].

1. *Быковец В. В., Лакомский В. И.* Удельное электрическое сопротивление термоантрацита // Спец. электрометаллургия. – 2003. – № 4. – С. 49–51.
2. *Лакомский В. И.* Зависимость удельного электрического сопротивления термоантрацита от давления / Доп. НАН України. – 2006. – № 4. – С. 96–103.
3. *Лакомский В. И.* Вольт-амперные характеристики термоантрацитовых контактов // Современ. электрометаллургия. – 2004. – № 4. – С. 48–51.
4. *Патон Б. Е., Лакомский В. И.* Производство электродного термоантрацита в электропечах шахтного типа // Цветные металлы. – 2008. – № 1. – С. 9–14.
5. *Хольм Р.* Электрические контакты. – Москва: Изд-во иностр. лит., 1961. – 464 с.
6. *Корнилов И. И., Белоусов О. К., Качур Е. В.* Никелид титана и другие сплавы с памятью формы. – Москва: Металлургия, 1997. – 325 с.
7. *Фиалков А. С.* Углерод, межслоевые соединения и компоненты на их основе. – Москва: Аспект пресс, 1997. – 718 с.

*Інститут електрозварювання ім. Є. О. Патона
НАН України, Київ*

Надійшло до редакції 12.02.2008