

УДК 621.3.011

Н.М. Галичак

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

ЕЛЕКТРИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ МЕТАЛЕВИХ СПЛАВІВ

N.M. Halychak

ELECTRICAL PROPERTIES OF METAL ALLOYS

В електротехніці широко застосовують металеві сплави з особливостями зміни електроопору: з мінімальним електроопором – в якості провідників, з високим електроопором – як матеріал електронагрівальних елементів і реостатів. Такі ж сплави використовують для термопар (сплав Вуда), припоїв, контактів (W – Cu) тощо. Відомо [1], що область застосування та властивості сплавів, зокрема, електричні, залежать від природи вихідних компонентів, їх атомно-кристалічної будови і, як наслідок, виду взаємодії компонентів у них. Питомий електроопір (ρ , Ом·м) може змінюватись за лінійною, параболічною та іншими залежностями.

Метою даної роботи є аналіз залежностей зміни питомого електроопору від виду взаємодії компонентів у сплавах електротехнічного призначення.

Повний електроопір сплаву складається з двох складових – опору, зумовленого розсіюванням електронів на теплових коливаннях решітки і додаткового опору, пов'язаного із розсіюванням електронів на неоднорідностях структури. У випадку утворення механічної суміші компонентів у подвійних системах, коли немає взаємної розчинності одного компонента в іншому у твердому стані, структура закристалізованого сплаву є сумішшю двох фаз (компонентів). Питомий електроопір в таких сплавах залежно від хімічного складу (концентрації компонентів) змінюється за лінійним законом, тобто зростає пропорційно концентрації компоненту з більшим значенням ρ . Окрім того, питомий електричний опір, як структурно чутлива характеристика, зростає при зменшенні розміру зерен, що набуває особливого значення при пластичному деформуванні матеріалу. При невеликих деформаціях питомий електроопір дещо зменшується, що зумовлено руйнуванням границь зерен, але зі зростанням ступеня деформації опір збільшується і в наклепаного металу завжди вищий, ніж у відпаленому стані. У процесі відпалювання деформованого металу електроопір знижується. Причому, чим більший ступінь деформації, тим більш різко знижується ρ . Тобто, зміна електроопору свідчить про зменшення внутрішніх напружень в матеріалі. Прикладом такої системи є сплав Sn – Zn, який використовують для покриття деталей радіотехнічних та електротехнічних приладів.

При утворенні твердих розчинів у подвійних системах електропровідність знижується, питомий електроопір зростає. Ця закономірність зберігається і тоді, коли один із компонентів має низьку електропровідність і в ньому розчиняється інший з високою електропровідність. Це обумовлено тим, що при проникненні в просторову гратку розчинника атомів компонента, що розчиняється, гратка розчинника викривлюється і розсіяння електронів, що є носіями струму, збільшується і, як наслідок, питомий електроопір зростає. Іншою причиною зростання електроопору, є те, що електричні властивості твердих розчинів обумовлені хімічною взаємодією компонентів [2] і при утворенні необмежених твердих розчинів питомий електроопір набуває максимального значення при співвідношенні компонентів 1:1, тобто при найбільшій віддаленості сплаву від чистих компонентів.

Специфічною особливістю твердих розчинів є те, що, на відміну від чистих металів, опір, пов'язаний із розсіюванням електронів на неоднорідностях структури в

цьому випадку може значно перевищувати теплову складову. Для багатьох двокомпонентних сплавів питомий електроопір параболічно залежить від концентрації компонентів у ньому. Ця закономірність зміни питомого опору необмежених твердих розчинів справджується у тому випадку, якщо при зміні складу сплаву немає фазових перетворень і жоден з їхніх компонентів не є перехідним або рідкоземельним елементом.

Разом з тим існує ряд бінарних систем, компоненти яких мають обмежену взаємну розчинність або не розчинні у твердій фазі. При впорядкуванні твердих розчинів, наприклад, у системі $\text{Cu} - \text{Au}$, відбувається різке зниження ρ при концентраціях компонентів, що відповідають хімічним сполукам Cu_3Au і CuAu і тому реальна крива зміни питомого електроопору залежно від концентрації компонентів має два чітко виражені мінімуми.

Аналогічні закономірності спостерігали в системах $\text{Fe} - \text{Pd}$, $\text{Fe} - \text{Pt}$, $\text{Au} - \text{Mn}$. Домішки, що розчиняються в одному із компонентів, спричиняють різке підвищення ρ , тобто тенденція зміни питомого електроопору аналогічна до невпорядкованих твердих розчинів.

При утворенні і розпаді обмежених твердих розчинів, наприклад, при термічній обробці дюралюмінію (система $\text{Al} - \text{Cu}$), питомий електроопір зменшується. Під час старіння ρ також зменшується, причому при штучному старінні цей процес відбувається інтенсивніше. Вимірюючи значення питомого електроопору у процесі старіння, можна його контролювати – зменшення ρ свідчить про початок виділення зміцнюючої фази. У сплавах на основі кольорових металів всі домішки підвищують електроопір.

В системі $\text{Fe} - \text{C}$, яка описує структури сталей і чавунів і в якій утворюються два обмежених твердих розчини (ферит і аустеніт) і хімічна сполука Fe_3C , суттєвий вплив на значення питомого електроопору мають домішки і легуючі елементи. Наприклад, при розчиненні у фериті 1 (мас.%) кремнію ρ зростає майже у 2 рази – з 13 мк Ом см до 25 мк Ом см.

Інші закономірності спостерігають у чавунах. В першу чергу електроопір залежить від того, у якому стані знаходиться карбон – у зв'язаному стані (у вигляді цементиту) його величина складає 80 мк Ом см, а у вільному (у вигляді графіту) – 2830 мк Ом см. Вплив домішок на питомий електроопір у чавунах залежить від їх природи, тобто є вони графіто- чи карбідоутворюючими елементами. При певному вмісті графітізуючих елементів, до яких належать кремній, нікель, мідь, ρ зростає за рахунок утворення вільного графіту, а при додаванні карбідоутворюючих елементів (Mn , Cr) спостерігають зворотну тенденцію.

Література

1. Швець Є.Я., Червоний І.Ф., Головка Ю.В. Матеріали і компоненти електроніки: навчальний посібник / Швець Є.Я., Червоний І.Ф., Головка Ю.В. – Запоріжжя, ЗДІА, 2011. – 278 с.
2. Богородицкий Н. П., Пасынков В. В., Тареев Б. М. Электротехнические материалы. - Л: Энергоатомиздат, 1985. – 423 с.