

Фізико-хімічні властивості композиційних матеріалів Cu—Cr

І. М. Гречанюк, В. Г. Гречанюк*

НВП “Елтехмаш”, Вінниця, Україна, e-mail: eltechnic777@ukr.net

*Київський національний університет будівництва і архітектури України,
Київ, e-mail: eltechnic777@ukr.net

Вивчено структурні особливості, електричний опір, корозійна стійкість та інші властивості конденсатів Cu—Cr з різним вмістом хрому. Отримані дані дозволяють припустити, що для використання КМ Cu—Cr як електричні контакти для дугогасних камер необхідний вміст хрому в невеликих кількостях (до 0,5% (мас.)). Проведені дослідження показали, що додаткове легування хромом дає можливість підвищити корозійну стійкість приблизно в 2 рази у порівнянні з матеріалами, що не містять хрому, зі збереженням решти властивостей.

Ключові слова: конденсати Cu—Cr, електричні контакти, хром, мідь, легування.

Метод електронно-променевого випаровування і конденсації у вакуумі металів, що володіють обмеженою розчинністю, в даний час активно розвивається для отримання матеріалів різного призначення, в тому числі й електротехнічного [1]. Використання цього методу дає можливість одержувати конденсати з вмістом газоподібних домішок не вище, ніж у вихідному матеріалі, навіть у разі випаровування таких активних металів, як хром.

Матеріали Cu—Cr з вмістом хрому 35—50% (мас.) застосовують для електричних контактів вакуумних дугогасильних камер [2—4]. Можливість використання конденсованих КМ в цій системі зумовлена особливостями хімічного складу та морфології вторинної структури, що утворюється на робочій поверхні порошкових контактів уже в процесі тренування вакуумних дугогасильних камер. В нерівноважних умовах впливу дугового розряду в робочому шарі взаємна розчинність міді та хрому збільшується і відбувається розпад твердих розчинів з утворенням дисперсної структури. Така структура спостерігається і в конденсаті на основі міді та хрому.

Враховуючи позитивний вплив хрому для матеріалу електричних контактів, вивчали вплив різних концентрацій хрому на фізико-хімічні властивості системи Cu—Cr. Композиційні матеріали Cu—Cr отримували, випаровуючи хром і мідь з незалежних джерел з подальшим осадженням їх на нерухому підкладку. Рівномірному осадженню міді та хрому на підкладку сприяло те, що ці компоненти мають близькі температурні залежності тиску пари [5].

Отриманий конденсат являв собою пластину товщиною до 3 мм з градієнтним вмістом хрому й міді вздовж підкладки. Біля джерела, з якого випаровується мідь, концентрація її максимальна, в міру наближення до

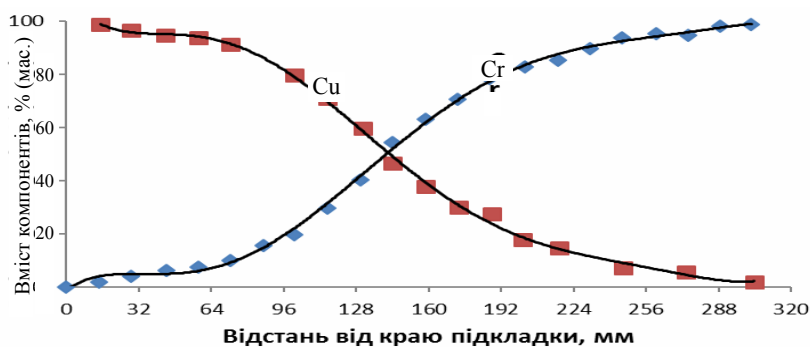


Рис. 1. Вміст міді (■) й хрому (◆) в конденсатах залежно від відстані уздовж підкладки.

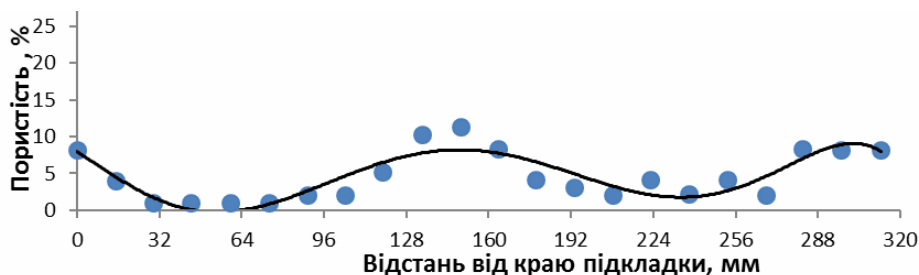


Рис. 2. Зміна пористості конденсату уздовж підкладки.

джерела з хромом концентрація хрому в конденсаті збільшується і досягає максимуму біля джерела з хромом (рис. 1).

Порівняння особливостей зміни пористості конденсату та хімічного складу показало їх кореляцію в області складів з різним вмістом компонентів (рис. 2). Мінімальна пористість спостерігається в областях невеликих концентрацій міді або хрому, що відповідає утворенню твердих розчинів на основі хрому або міді. Більша мікротвердість характерна для зразків з більшим вмістом хрому.

Під час візуального огляду отриманого конденсату виявлено, що поверхня осадження металів на підкладку має опуклості, звернені до ванн з розплавленим металом. Макро- і мікроаналізи поверхні конденсату на основі міді та хрому не показали ознак впливу шорсткості підкладки. Частина поверхні конденсату характеризується наявністю частинок сферичної форми, утворених під час викиду розплавлених частинок металу з ванни, інша частина поверхні конденсату містить структуровані частинки, що утворюють рельєф і сліди оплавлення (рис. 3).

Для металографічного аналізу структури конденсату використовували іонне травлення перерізів зразків, паралельних паровому потоку в жевріючому розряді. Проведені дослідження дозволили встановити, що конденсату Cu—Cr притаманна ієрархія рівнів шаруватої структури: спостерігаються макро-, мікро- і субмікрорівні. Два останні рівня можуть бути об'єднані анізотропією нормального росту кристалів, що сприяє формуванню стовпчастої структури, яка зберігається в межах декількох шарів (рис. 4). Металографічні дослідження в поєднанні з даними вимірювання мікротвердості відповідних складів дозволили встановити неоднорідність мікротвердості шарів і хімічного складу (рис. 5).

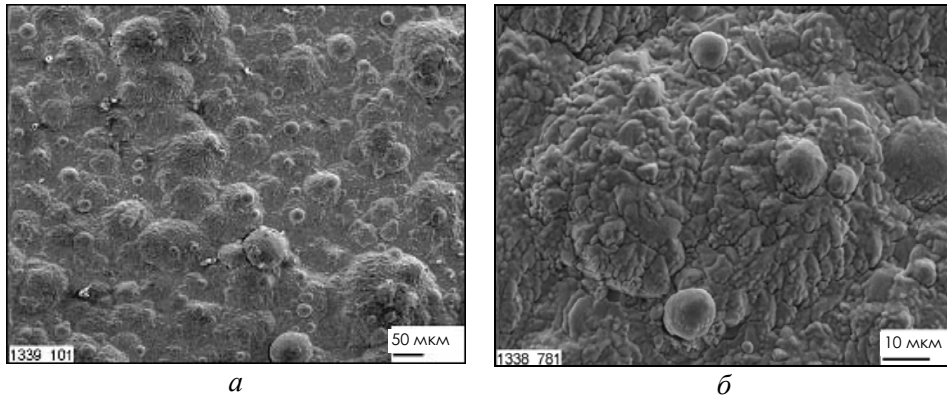


Рис. 3. Морфологія поверхні конденсату: *a* — загальний вигляд; *б* — сліди оплавлення.

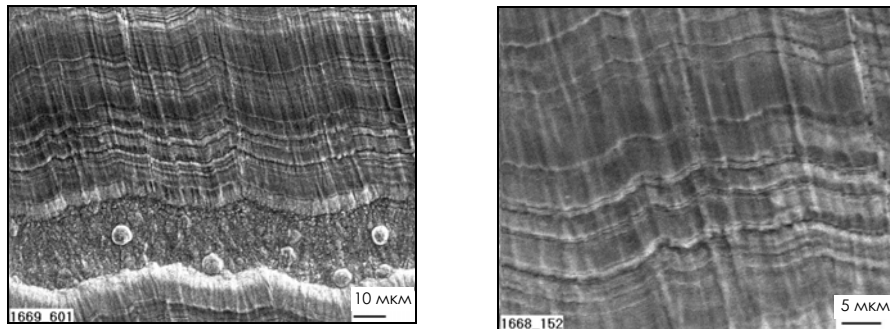


Рис. 4. Особливості стовпчастої структури після іонного травлення.

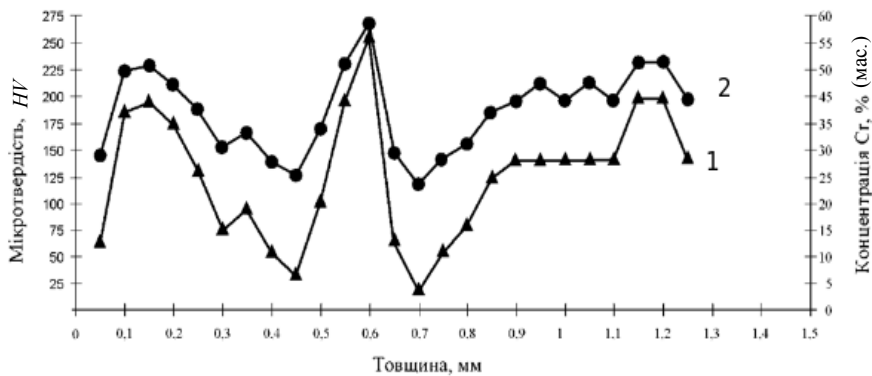


Рис. 5. Зміна хімічного складу (1) та мікротвердості (2) по товщині КМ.

Результати аналізу хімічного складу шарів з підвищеною твердістю у перетині конденсату узгоджуються з металографічно встановленою схильністю мікрошарів, збагачених хромом, до анізотропного (нормального) зростання з дифузійного поля. В шарах з вмістом хрому більше 10% (мас.) переважає стовпчаста структура. За даними мікроструктурного аналізу, в перетинах конденсату з вмістом хрому менше 10% (мас.), підданих іонному травленню, переважає сферична, чечевичеподібна або та і друга одночасно форма частинок, розподілених у полігональній матриці (рис. 6).

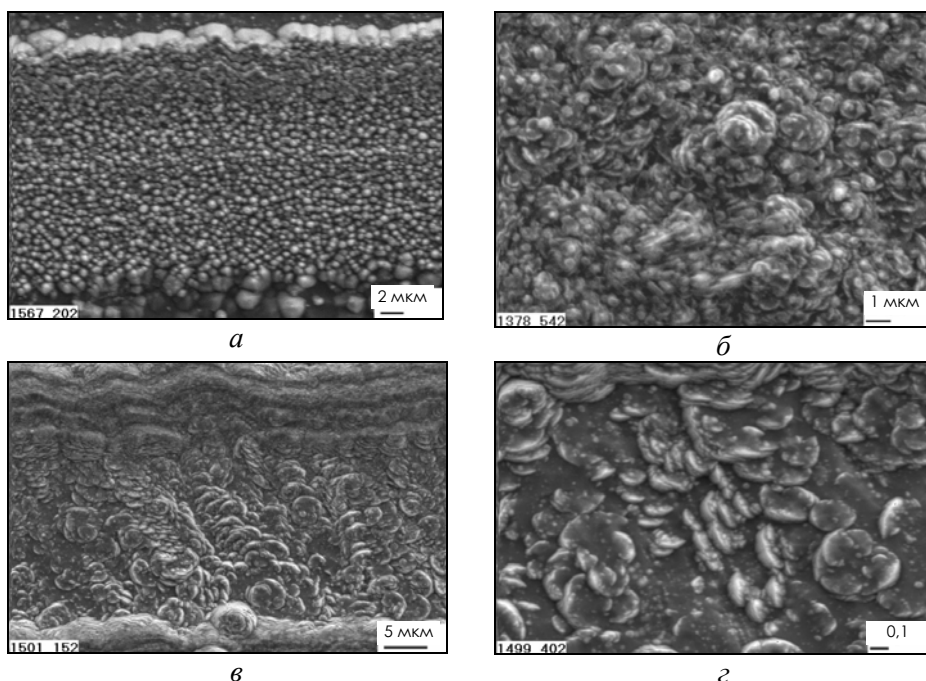


Рис. 6. Частинки сферичної (а), чечевичеподібної (б) форм та їх поєднання (в, з) в шарах з різним вмістом хрому в полігональній матриці на основі міді.

Поява таких частинок на підкладці свідчить про конденсацію під час перенесення крапельної пари, що призводить до утворення дефектів конічної і циліндричної форм, так званих “стрижнів”, кількість яких в структурі конденсату зростає із збільшенням хрому в ньому. Також зростає пористість: дрібна кристалізаційна замінюється великими локальними скупченнями з наявністю тріщин. Зростання числа дефектів у мікроструктурі конденсату призводить до збільшення електричного опору, що є небажаним фактором для використання наведених матеріалів в електротехнічній промисловості (рис. 7).

Дослідження корозійної стійкості конденсованих КМ Cu—Cr з використанням гравіметричного методу [6] дозволило встановити закономірності зміни маси зразків у водопровідній воді залежно від вмісту хрому (рис. 8).

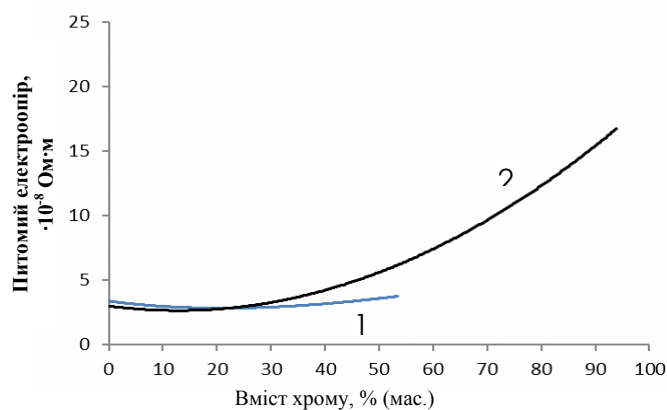


Рис. 7. Питомий електричний опір конденсатів Cu—Cr залежно від вмісту хрому після (1) і до (2) відпалу.

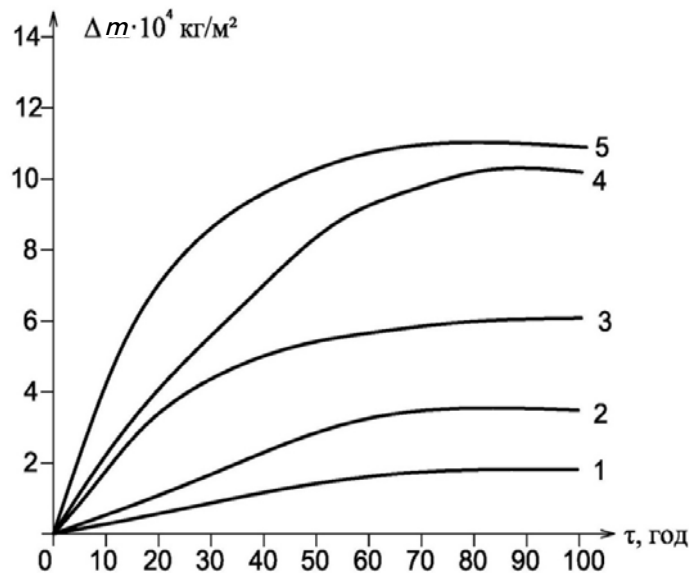


Рис. 8. Вплив вмісту хрому (% (мас.)) на зменшення маси конденсатів Cu—Cr в водопровідній воді: 1 — 0,34; 2 — 1,75; 3 — 14,3; 4 — 34,5; 5 — 65,7.

Вивчення структурних особливостей, електричного опору, корозійної стійкості та інших властивостей конденсатів з різним вмістом хрому дозволило припустити, що для використання КМ Cu—Cr як електричні контакти для дугогасильних камер необхідний вміст хрому в невеликих кількостях (до 0,5% (мас.)). Проведені дослідження показали, що додаткове легування хромом дає можливість підвищити корозійну стійкість приблизно в 2 рази у порівнянні з матеріалами, що не містять хрому, зі збереженням решти властивостей.

1. Гречанюк Н. И. Новое электронно-лучевое оборудование и технологии получения современных материалов и покрытий / Н. И. Гречанюк, П. П. Кучеренко, И. Н. Гречанюк // Автоматическая сварка. — 2007. — № 5. — С. 36—41.
2. Пат. 32368А України. Контактний матеріал для дугогасних камер та спосіб його отримання / [М. І. Гречанюк, М. М. Плащенко, В. О. Осокін та ін.]. — Опубл. 15.12.2000.
3. Пат. 76737 України. Контактна система вакуумної дугогасної камери / [М. І. Гречанюк, М. М. Плащенко, А. В. Зварич, В. О. Осокін]. — Опубл. 15.09.2006.
4. Пат. 86434 України. Композиційний матеріал для електричних контактів і електродів та спосіб його отримання / [М. І. Гречанюк, І. М. Гречанюк, В. О. Денисенко, В. Г. Гречанюк]. — Опубл. 27.04.2009.
5. Несмеянов А. Н. Давление пара химических элементов. — М. : Изд-во АН СССР, 1961. — 396 с.
6. Артюх Я. Ю. Коррозия парофазных конденсатов (Cu—Cr)—Mo / Я. Ю. Артюх, В. Г. Гречанюк, І. М. Гречанюк // Тез. докл. Междунар. Конф. "Электрические контакты и электроды", 21—27 сентября 2009. — Кацевели, Украина. — С. 34—36.

Физико-химические свойства композиционных материалов Cu—Cr

И. Н. Гречанюк, В. Г. Гречанюк

Изучены структурные особенности, электрическое сопротивление, коррозионная стойкость и другие свойства конденсатов Cu—Cr с различным содержанием хрома. Полученные данные позволяют предположить, что для использования КМ Cu—Cr в качестве электрических контактов дугогасящих камер содержание хрома должно быть в небольших количествах (до 0,5% (мас.)). Проведенные исследования показали, что дополнительное легирование хромом дает возможность повысить коррозионную стойкость примерно в 2 раза по сравнению с материалами, которые не содержат хром, при сохранении остальных параметров.

Ключевые слова: конденсаты Cu—Cr, электрические контакты, хром, медь, легирование.

Physicochemical properties Cu-Cr Composites

N. Hrechaniuk, V. G. Hrechaniuk

Structural features, electrical resistance, corrosion resistance and other properties of Cu—Cr condensates with different chromium contents were studied. The data obtained suggest that to use KM Cu—Cr as electrical contacts of arc-suppressing chambers it is necessary to use the chromium content in small quantities (up to 0,5%). Studies have shown that the additional doping with chromium makes it possible to increase the corrosion resistance by about 2 times, compared to materials that do not contain chromium, while maintaining the remaining parameters.

Keywords: Cu—Cr condensates, electrical contacts, chromium, copper, doping.