

К.І. ВЛАСЕНКО, А.І. ЗУБКОВ, канд. физ.-мат. наук, доцент

Різномірність у вакуумних конденсатах міді, легованих тугоплавкими металами

Негативний вплив різномірності обумовлений тим, що, через різні механічні та фізичні властивості окремих зерен (наприклад, великі зерна мають меншу напругу плинності, ніж дрібні), в локальних об'ємах одного виробу утворюється градієнт напруг [1]. Різномірність у металургійних металах та сплавах може виникати як в наслідок кристалізації розплаву, так і внаслідок рекристалізації деформованого металу чи сплаву [2]. У нанокристалічних металах різномірність може виникнути здебільшого в результаті аномального зростання зерна при рекристалізації [3].

Метою роботи стало вивчення причин виникнення різномірності структури вакуумних конденсатів Cu-Mo, Cu-Ta та впливу легування на її ступінь.

Плівки Cu-Ta, Cu-Mo були отримані методом електронно-променевого випаровування у вакуумі при однакових умовах. Вміст зміцнюючої фази 0,04 – 0,8 ат. %. Дослідження проводилися на електронному мікроскопі ПЕМ-100. Середній розмір зерна визначали методом січних. Основним критерієм оцінки різномірності структури було обрано ширину гістограми розподілення зерен за розмірами Δ , що визначалась як різниця між максимальним та мінімальним розміром зерна.

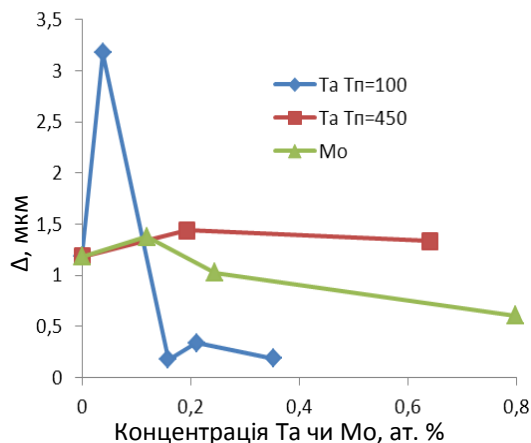


Рис. 1 – Концентраційна залежність ширини гістограми

Детальний аналіз ступеню різномірності структури зарізків чистої та легованої міді виявив різке зростання ступеню різномірності структури легованого (до 0,2 ат. %) конденсату порівняно з чистою міддю. При подальшому підвищенні концентрації Ta чи Mo в конденсатах спостерігається різкий спад та вихід на насичення концентраційної залежності $\Delta=f(\text{ат. \% Ta, Mo})$ (див. рис. 1).

При вивченні електронно-мікроскопічних зображень було виявлено, що зміни структури при легуванні міді танталом чи молібденом однотипні та мають різні ступені вираженості при однакових концентраціях (вплив Ta більш виражений), що може бути наслідком різниці фізико-хімічних властивостей цих елементів. На темнопільних та світлопільних зображеннях конденсатів з малою концентрацією легувальних елементів не виявляється контраст, який можна було б інтерпретувати як частки другої фаз, а

на електронограмах цих зразків (рис. 2) присутні тільки дифракційні лінії, що належать ГЦК міді. Через відсутність взаємної розчинності в бінарних системах Cu-Mo, Cu-Ta [4], та часток Mo та Ta в об'ємі мідної матриці припускаємо, що атоми цих елементів повністю адсорбуються на границях зерен міді при конденсації з парової фази.

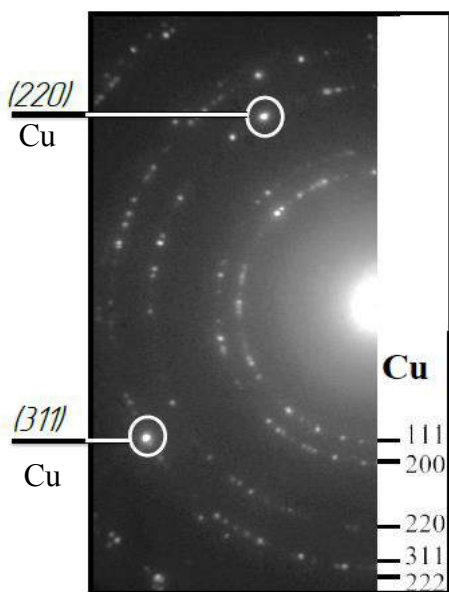


Рис. 2 – Електронограма Cu-Ta (0,04 ат.% Ta)

Підтвердженням цього припущення є те, що на електронограмах (рис. 2) різнозернистих структур вакуумних конденсатів міді спостерігається порушення залежності інтенсивності рефлексів від індексу кристалографічної площини.

Тому появу різнозернистості в структурі зразків легованих Ta чи Mo (0,1 та 0,2 ат. % відповідно) пов'язуємо з вибірковою адсорбцією легувального елемента на кристалографічних гранях з певними індексами Міллера. В таких умовах, напевно, тантал та молібден ефективно гальмують ріст тих зародків рекристалізації, у яких кристалографічні площини, що є паралельними до напрямку падаючого парового потоку, мають не великі індекси Міллера. Процес

обумовлений різною величиною поверхневої енергії та адсорбційних комірок різних кристалографічних граней.

Однорідність зеренної структури двокомпонентних конденсатів міді з вмістом Ta та Mo більш ніж 0,2 ат % викликано повним блокуванням границь зерен мідної матриці зерно граничними сегрегаціями цих елементів.

У конденсатах чистої міді відсутність різнозернистості обумовлена довершеністю рекристалізаційних процесів, що протікають під час конденсації.

Причиною виникнення різнозернистості у вакуумних конденсатах бінарних систем Cu-Mo, Cu-Ta є вибіркова міграція границь зерен, в наслідок анізотропії адсорбційної здатності різних кристалографічних площин.

Список літератури:

1. Пикун М.В. Плавка металлов, кристаллизация сплавов, затвердевание отливок: Учебное пособие для вузов. – М.: «МИСиС», 2005. – 416 с.
2. Новиков И.И. Теория термической обработки металлов: Учебник. – М. – «Металлургия», 1978. 392 с.
3. Анищук В.М., Борисенко В.Е., Жданюк С.А. и др. Наноматериалы и нанотехнологии, Минск, изд. БГУ, 2008
4. Зубков А.И., Панова Ю.В. Структура и прочность нанофазных конденсатов Cu-Mo // Вісник НТУ «ХПИ». – 2011.- №24. – С. 93 – 98