

УДК 669.017.16

Іванченко Є.Ю.¹, Авраменко В.В.², Вініченко В.С.³

¹ стар. лаборант кафедри МІТЛВ

² студ. гр. ІФ-228сп НУ «Запорізька політехніка»

³ доц. НУ «Запорізька політехніка»

АНАЛІЗ МОЖЛИВОСТІ ЗНИЖЕННЯ ВМІСТУ РЕНІУ В СПЛАВІ ВР27

На сьогоднішній час функціонування промислово - розвиненої держави може бути вкрай утруднено відсутністю потужних радіосистем. Важливу роль в роботі таких систем виконують потужні генераторні лампи (МГЛ). Тому напрям електроніки, пов'язаний з розробкою і виробництвом МГЛ є невід'ємною частиною життєзабезпечення держави, а ці прилади - одним із видів стратегічно важливої продукції. Крім цього, МГЛ широко застосовуються в сучасних технологічних верстатах, а також в спеціальних електрофізичних установках, призначених для прискорення заряджених частинок, які, в свою чергу, використовуються при проведенні досліджень в галузях ядерної фізики і термоядерного синтезу.

Як емітери електронів в МГЛ використовують катоди (ТТК-катод), що виготовляються із торійованих вольфрамових сплавів. Торійовані вольфрамові сплави уявляють собою вольфрам (W) з присадкою двоокису торію – (ThO₂). Додавання до вольфраму 1-2 % мас. ThO₂ дозволяє знизити енергію виходу електронів і, відповідно, отримати значно вищу електронну емісію, ніж з чистого вольфраму.

Підвищення емісії при застосуванні торійованого вольфраму забезпечується внаслідок утворення моноатомної плівки торію (Th) на поверхні катода при його активації. Для активації катода спочатку проводиться короткочасне нагрівання до температури близько 2200 °С для дисоціації оксиду торію, після цього при температурі 1600...1900 °С виконують активацію катода. Робота виходу такого катода, як правило, не перевищує 2,63 еВ, що значно нижче, ніж для W (4,55 еВ) і Th (3,88 еВ).

Вказані високі температури і тривала витримка при експлуатації катода, призводять до рекристалізації вольфраму в результаті чого він переходить у крихкий стан нижче температур у 300...600 °С. Вказаний високий температурний поріг холодноламокості є суттєвим недоліком подібних сплавів, який крім зниження надійності готових виробів обмежує можливість застосовувати нагрівання до температур рекристалізації, які бажано виконувати для спрощення процесу виробництва напівфабрикатів (дротів). В даному випадку конструктори при виборі сплавів для створення катодів МГЛ змушені враховувати не тільки експлуатаційні властивості матеріалів, а і технологічні можливості виготовлення готових виробів.

Відомо, що зниження температури переходу в крихкий стан вольфрамових сплавів можливо шляхом введення у їх склад до 27 % ренію. При цьому спостерігається проявлення так званого «ренієвого ефекту», який полягає в одночасному підвищенні міцності і пониженні температури переходу у крихкий стан.

Механізм «ренієвого ефекту» поки що до кінця не виявлено, проте вказаний ефект уже використовується в промислових сплавах, зокрема марки ВР27. Даний сплав має температуру переходу в крихкий стан нижче кімнатної, а це в процесі деформаційного перероблення його в дріт дозволяє здійснювати рекристалізаційні відпали напівфабрикатів, що значно полегшує вибір технологічних параметрів у промисловому виробництві.

Однак, не дивлячись на вказані переваги, сплав з таким вмістом ренію (а він коштовніший за золото) є доволі коштовним матеріалом. Просте зниження вмісту ренію підвищує поріг холодноламкості, що ускладнює встановлення значень технологічних параметрів виробництва дроту.

В даній ситуації конструктори змушені вибирати розумний компроміс між коштовністю і властивостями даних сплавів, а це потребує інформації щодо вказаного питання. Тому дослідження можливостей удосконалення технології виробництва вольфрамових сплавів зі зниженим вмістом ренію є актуальною задачею.

Для дослідження вказаної проблеми використовували сплав ВР10Т2, який виробляють методами порошкової металургії.

Як фактори, вплив яких досліджували, вибрали тиск пресування, температуру спікання та відпалу прутків. Вихідним параметром слугував показник виходу годного. Його визначали як відношення маси отриманого дроту до маси спечених заготовок. Крім цього, для пояснення результатів даного експерименту досліджували мікроструктуру заготовок та їх пластичність.

Аналіз результатів даного експерименту показав, що найбільш доцільною структурою прутків є структура яка складається з крупних зерен (більше 10 мкм), які оточені дрібними зернами (менше 1 мкм). Пояснено це тим, що крупні зерна забезпечують здатність заготовкам деформуватись при температурах вище температури переходу в крихкий стан, а дрібні зерна протидіють утворенню тріщин вздовж границь крупних зерен при звичайних температурах (20°C).

Показано, що дану структуру можливо отримати застосуванням рекристалізаційного відпалу прутків діаметром 7,6 мм і подальшими відпалами при температурах, що не перевищують температури рекристалізації даного сплаву.