УДК 669.017.16
Іванченко Є.Ю. [1], Вініченко В.С.[2], Волков Г.П.[3]
[1] ст. лаб. кафедри М і ТЛВ НУ «Запорізька політехніка», Запоріжжя
[2] к.т.н., доцент кафедри ФМ «Запорізька політехніка», Запоріжжя
[3] к.т.н., доцент кафедри ДМ і ПТМ «Запорізька політехніка», Запоріжжя

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ НЕМЕТАЛІЧНИХ ЧАСТИНОК ДВООКИСУ ТОРІЯ НА СХИЛЬНІСТЬ ДО КРИХКОГО РУЙНУВАННЯ ДРОТІВ ІЗ ВОЛЬФРАМОВИХ НИЗЬКОРЕНІЄВИХ СПЛАВІВ

Вольфрамові низькоренієві сплави (що містять менше10 % ренію), зміцнені частинками двоокису торію, до теперішнього часу застосовуються для виготовлення найрізноманітніших деталей (пружин, гачків, катодів генераторних ламп), де потрібні міцність і пружність при високих температурах, а також підвищені емісійні властивості. Стримує розширення виробництва подібних матеріалів те, що незважаючи на велику кількість наукових розробок, дроти з вказаних сплавів, що випускаються промисловістю, схильні до крихкого руйнування при звичайних температурах. Схильність до крихкого руйнування при технологічних згинаннях дротів може призводити до поломок і, тим самим, знижувати важливий економічний показник - вихід придатного. Тому проблема зменшення схильності дроту з низькоренієвихвольфрамоторієвих сплавів до крихкого руйнування досі актуальна.

Однією з причин підвищеної схильності до крихкого руйнування дроту з низькоренієвихвольфрамоторієвих сплавів вважають наявність неметалічних частинок двоокису торію, які спеціально вводяться з метою стабілізації дислокаційної структури сплаву при підвищених температурах і зниження енергії виходу електронів. Відомо, що ці сплави в рекристалізованому стані мають температурний поріг холодноламкості вище 20 °С, що сильно утруднює технологічні операції, необхідні при виготовленні з них, зокрема, деталей електровакуумної техніки.

Пластичність при звичайних температурах таких сплавів підвищують створенням волокнистої структури шляхом наклепу в процесі деформаційного перероблення. При цьому оскільки з’явлення ділянок з рекристалізованою структурою призводить до крихкого руйнування дротів, наприклад, при необхідних технологічних їх вигинах,важливо не допускати процесу рекристалізації, який може відбуватися під час виконання технологічних відпалів і пластичногодеформування. Однією з причин, які призводять до появи місць з рекристалізованою структурою в подібних дротах,за нашою гіпотезою, можуть бути частинки двоокису торію. В роботі [1] повідомляються подібні результати про те, що відносно великого розміру

неметалічні частинки, при пластичній деформації можуть призводити до локальних концентрацій спотворень кристалічної гратки, а це збільшує швидкість утворення зародків рекристалізації поблизу таких включень. Дане припущення було експериментально підтверджене Леслі із співробітниками на серії розбавлених твердих розчинів Fe - O, що містять неметалічні включення різного розміру. Ними було показано, що збільшення кількості частинок прискорює зародження і, відповідно, увесь процес рекристалізації в цілому. Вони також зазначають, що у разі дуже малих розмірів частинок зародження може бути навпаки ускладнено, наприклад, у разі, коли субзерно, що зародилося і розвивається, стикається з частинкою включення раніше, ніж стає здатним до зростання.

З приведених міркувань виходить, що вивчення явища прискорення рекристалізації великими частинками оксидів і затримка її дрібними актуально для низькоренієвихвольфрамоторієвих сплавів. Особливо ця проблема актуальна для сплавів зі змістом ренію, який не забезпечує зниження порогу холодноламкості нижче 20 °С. Зокрема, для сплава марки ВР10Т2, що випускається промисловістю. Тому метою цієї роботи було дослідження структури промислових дротів із сплаву ВР10Т2 на наявність ділянок з рекристалізованою структурою в місцях присутності частинок двоокису торію відносно великого розміру. Хімічний склад сплаву, що використовували в даній роботінаведено в таблиці.

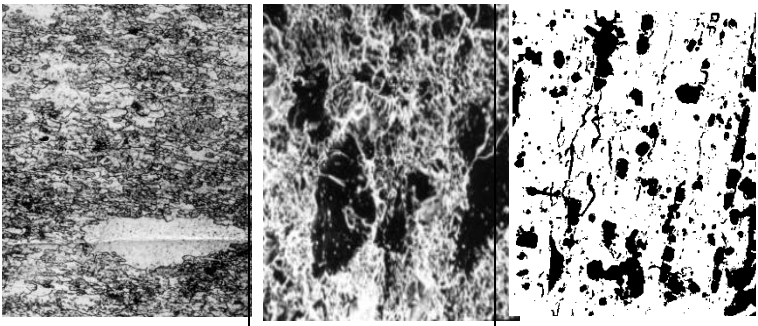
Таблиця - Хімічний склад сплаву

Марка сплаву	Масова частка елементів, %						
	ThO_2	Re	SiO_2	CaO	Mo	Fe_2O_3	Al_2O_3
ВР10Т2	1,85	9,9	0,002	0,002	0,003	0,0014	0,0017

Наявність ділянок з крихкою рекристалізованою структурою у дроті оцінювали шляхом проведення випробування зразків дроту на спіралізуємість. Виявлені проблемні ділянки піддавали металографічному аналізу за допомогою оптичного і електронного мікроскопу.

Результати досліджень наведено на рисунку, із якого видно, що у місцях крихкого руйнування дроту, яке спостерігалося при випробуванні на спіралізуємість, були виявлені ділянки з рекристалізованою структурою (рис.1а), крупні фасетки сколу (рис. 1б) та відносно крупні частинки двоокису торію (рис.1в).

Аналіз технології введення ThO_2 в даний сплав показав, що однією з причин наявності окремих крупних частинок у структурі дроту, може бути те, що в процесі прокалюванняпаравольфрамату у печах з муфелем, що обертається, відбувається зчеплення окремих частинок порошку WO_3 у більш



А, × 500 б, × 1500 В, × 10000

Рисунок 1 – Структура дроту зі сплаву ВР10Т2 у місці розташування крупних частинок ThO_2; а – мікроструктура; б - поверхня зламу; в – частинки ThO_2

крупні утворення - конгломерати, і, як наслідок, збільшення розміру пустот між ними відносно пустот між окремими порошинками. При хімічному способі введенняThO_2 у цих відносно крупних пустотах між конгломератами із частинок вольфрамового ангідриду може накопичуватися розчин азотнокислого торію у кількості, достатній для утворення при наступному випаровуванні води окремих крупних частинок ThO_2 порівняно з частинками, що утворюються в пустотах між окремими порошинками (не зчепленими в конгломерати). Це призводить до того, що в сплаві на ділянках, де утворились відносно крупні конгломерати із частинок, рекристалізація буде починатись при нижчих температурах порівняно з ділянками, де присутні тільки відносно дрібні частинки. Ця обставина, утруднює вибір температури відпалу, який би забезпечив зняття наклепу і в той же час не призводив до з'явлення рекристалізованих і відповідно крихких ділянок у місцях дроту, де присутні відносно крупні частинкиThO_2.

Таким чином можна припустити, що зменшення кількостірекристалізованих ділянок, а відповідно і випадків крихкого руйнування дротів, можливо досягти шляхом удосконалення технології введення ThO_2 в напрямку запобігання утворення крупних частинок даної зміцнювальної фази.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Leslie W. C., Michalak J. T., AulF/ M.,Ironanditsdilutesolidsolutions, Intersci. Publ., NewYork, 1963.p.119.