

## **МОЖЛИВОСТІ ВНУТРІШНЬОГО ОКИСЛЕННЯ ЩОДО ЗМІЦНЕННЯ СПЛАВІВ НА ОСНОВІ ТУГОПЛАВКИХ МЕ- ТАЛІВ З ТИТАНОМ**

*Українська академія друкарства*

### **Анотація**

*Розроблено та оптимізовано метод зміцнюючої ХТО, з реалізацією процесу внутрішнього окиснення, сплавів системи ванадій –титан, ніобій –титан та виробів з них.*

**Ключові слова:** зміцнення, хіміко-термічна обробка, внутрішнє окиснення, сплави, титан.

### **Вступ**

Зовсім недавно ванадій та ніобій називали металами майбутнього, але вже сьогодні їх застосування та відповідних сплавів визначає прогрес багатьох галузей техніки, зокрема ядерної енергетики, авіації, ракетної і космічної техніки, електроніки, сутність нових технологічних процесів та багато іншого. Робочі параметри виробів постійно підвищуються і це ставить ряд складних матеріалознавчих задач. Зокрема, підвищення рівня жароміцності, зносо- і жаротривкості за умови збереження достатньої пластичності (технологічності). Це потребує розробки принципів вибору легуючих елементів, формування гетерогенної структури і фазового складу сплавів на основі ванадію і ніобію, а також розробки інших ефективних методів зміцнення. До уваги слід брати, що ці метали не мають поліморфних перетворень і це обмежує можливості їх зміцнення шляхом термообробки. З іншої сторони відомо, що міцність металевої матриці можна суттєво підвищити формуванням в ній термодинамічно стабільних дисперсних фаз типу карбідів, нітридів, оксидів відповідних морфології, концентрації і розмірів. Оксиди мають максимальну стабільність серед фаз втілення. Основний спосіб введення таких фаз у метал – металургійний, але до готових виробів, напівфабрикатів чи після прокату, його застосування не можливе. В цьому випадку перспективним є застосування хіміко - термічної обробки (ХТО) з реалізацією внутрішнього окисненням . Беручи до уваги, як робочу гіпотезу про можливість внутрішнього окислення сплавів системи Мо-Ма, де Мо – метал (основа), а Ма – легувальна домішка яка термодинамічно активніша, ніж перший до кисню, за застосування відповідного джерела та режимів можна досягти утворення оксидів, оксикарбідів тощо, для яких характерні висока твердість та стабільність.

*Мета* даної роботи – розробити та оптимізувати метод зміцнюючої ХТО, з реалізацією процесу внутрішнього окиснення, сплавів системи ванадій –титан, ніобій –титан .

### **Результати дослідження**

Обґрунтовано вибір джерела кисню, оптимізовано температурно - часові параметри ХТО, отримано позитивні результати щодо впливу ХТО на міцність і зносотривкість досліджених матеріалів. Встановлено що за ХТО інженерія поверхневих шарів і їх склад, забезпечують підвищення зносотривкості , а окислення титану *in situ* в матриці сплавів з утворенням дисперсних оксидів дозволяє суттєво підвищити міцність ванадію і ніобію, легованих титаном в широкому температурному діапазоні випробувань. Для прикладу в графічному вигляді наведено дані для сплаву на основі ванадію легованого 11%мас титану. Якісно, аналогічні дані отримані і для відповідних ніобієвих сплавів. Порівняно із першими для них характерний ще більший зміцнюючий ефект від застосування ХТО.

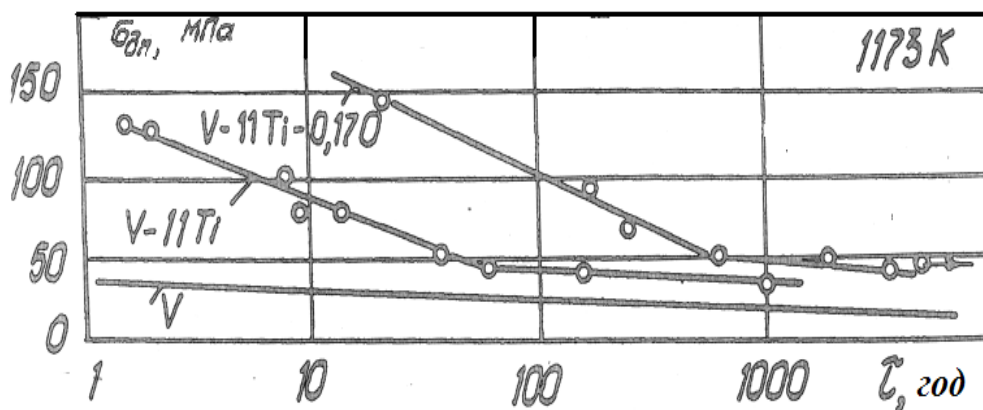


Рис.1 Вплив кисню, введеного в сплав V-11Ti ( в мас.%) після ХТО на тривалу міцність при температурі 1173К.(дані для нелегованого ванадію наведено з метою порівняння порівняння)

### Висновки

Встановлено, що запропонований підхід зміцнення тонкостінних виробів з титанвмісних сплавів на основі тугоплавких металів внутрішнім окисленням дозволяє суттєво (в 2 -3) рази підвищити їх об'ємну і поверхневу міцність, опір високотемпературній повзучості.

**Широков Володимир Володимирович** — професор факультету комп'ютерної поліграфічної інженерії, Українська академія друкарства, Львів, e-mail: [vvshyrovkov@gmail.com](mailto:vvshyrovkov@gmail.com)

**Шахбазов Яків Олександрович** — професор факультету комп'ютерної поліграфічної інженерії, Українська академія друкарства, Львів, e-mail: [shah-nika@ukr.net](mailto:shah-nika@ukr.net)

**Широков Олексій Володимирович** — канд. техн. наук, доцент факультету комп'ютерної поліграфічної інженерії, Українська академія друкарства, Львів, e-mail: [vvshyrovkov@gmail.com](mailto:vvshyrovkov@gmail.com)

### **POSSIBILITIES OF INTERNAL OXIDATION REGARDING THE STRENGTHENING OF ALLOYS BASED ON REFRACTORY METALS WITH TITANIUM**

#### **Abstract**

*The method of strengthening HTT, with the implementation of the process of internal oxidation, of alloys of the vanadium-titanium, niobium-titanium system and their products has been developed and optimized.*

**Keywords** strengthening, chemical and thermal treatment, internal oxidation, alloys, titanium.

**Shyrovkov V. V.** — Professor of the Faculty of Computer Printing Engineering, Ukrainian Academy of Printing, Lviv, email : [vvshyrovkov@gmail.com](mailto:vvshyrovkov@gmail.com)

**Shakhbazov I.O.** — Professor of the Faculty of Computer Printing Engineering, Ukrainian Academy of Printing, Lviv, email : [shah-nika@ukr.net](mailto:shah-nika@ukr.net)

**Shyrovkov O. V.** — Cand. Sc. (Eng), Professor of the Faculty of Computer Printing Engineering, Ukrainian Academy of Printing, Lviv, email : [vvshyrovkov@gmail.com](mailto:vvshyrovkov@gmail.com)