

мікротвердості у приповерхневому шарі металу, що дає можливість обирати послідовність стадій з урахуванням умов експлуатації деталей та забезпеченням необхідної мікротвердості легованого шару.

### Фазові рівноваги в системі Ti-Zr-Mn

В. А. Дехтяренко

Інститут металофізики ім. Г. В. Курдюмова НАН України, Київ

Система Ti-Zr-Mn має фундаментальне значення для практичного використання. Zr і Mn часто використовуються як легуючі елементи в індустрії титанових сплавів. Сплави цієї системи можуть також розглядатись як перспективні для використання в якості матеріалів у реверсивних системах зберігання водню. Існування евтектик у системах Ti-Mn і Zr-Mn з відносно невисокими температурами плавлення і наявність мінімуму на діаграмі плавкості системи Ti-Zr робить цю потрібну систему перспективною у якості базової для розробки нових припійних матеріалів у технології реакційної пайки матеріалів на основі алюмінідів титану. Метою даного дослідження було уточнення положення евтектичної бінодалі в системі Ti-Zr-Mn на поверхні ліквідусу часткової системи Ti-TiMn<sub>2</sub>-ZrMn<sub>2</sub>-Zr та визначення положення границь фаз, що обмежують двофазну область  $\beta$  (Ti, Zr, Mn) + (Ti, Zr)Mn<sub>2-x</sub> при субсолідусних температурах. За допомогою ДТА було визначено температури початку плавлення та кристалізації евтектичної складової та первинних кристалів твердих розчинів на основі  $\beta$ -(Ti, Zr) та фази Лавеса. Методом скануючої електронної мікроскопії та енергодисперсійного рентгеноспектрального аналізу було визначено склад евтектичної складової та кожної з фаз окремо. Встановлено, що структура литих сплавів складається з евтектичної складової, що має скелетну структуру, та первинних кристалів твердого розчину (Ti, Zr, Mn) у вигляді дендритів або фази Лавеса (Ti, Zr)Mn<sub>2</sub>, первинні кристали якої мають огранену форму.

За отриманими результатами уточнено положення бінодалі евтектичної реакції  $L \leftrightarrow \beta$  (Ti, Zr, Mn) + (Ti, Zr)Mn<sub>2-x</sub> та положення границь фаз, що обмежують двофазну область  $\beta$  (Ti, Zr, Mn) + (Ti, Zr)Mn<sub>2-x</sub> при субсолідусних температурах.

### Вплив твердорозчинного зміцнення поверхні на опір втомі титанового сплаву VT1-0

В. С. Труш

Фізико-механічний інститут ім. Г. В. Карпенка НАН України, Львів

Підвищення втомної міцності і довговічності виробів з титанових сплавів можна досягнути за допомогою методів інженерії поверхні останніх. У Фізико-механічному інституті ім. Г. В. Карпенка НАН України запропоновано концепцію інженерії поверхні титанових сплавів термодифузійними методами. У рамках даної концепції розроблено спосіб підвищення втомної міцності та довговічності  $\alpha$ - і псевдо-  $\alpha$ -сплавів титану шляхом регламентованого твердорозчинного зміцнення поверхневого шару металу з розрідженого контрольованого кисневмісного газового середовища. Попередніми дослідженнями встановлено, що спосіб забезпечує 20 – 40 % підвищення втомних

властивостей  $\alpha$ - і псевдо- $\alpha$ -сплавів титану за умов малоциклового чистого згину та обертового згину.

Мета роботи – дослідити вплив регламентованого твердорозчинного зміцнення поверхневого шару титанового сплаву BT1-0 на опір втоми за умов циклічного розтягу. Матеріал дослідження тонколистовий (1,0 мм) титановий сплав BT1-0 (технічно чистий титан, пл. 7478, серія 43472, ГОСТ 22178-76 – відпалений стан). На титановому сплаві BT1-0 було сформовано поверхневі газонасичені шари глибиною 50 – 60 мкм з різним рівнем зміцнення  $K$ : 30, 40 – 50, 65 – 70 %, який визначали за величиною відносного приросту твердості поверхні  $K = ((H_{\mu}^s - H_{\mu}^c) / H_{\mu}^c) \cdot 100 \%$ , де  $H_{\mu}^s$  - твердість поверхні металу,  $H_{\mu}^c$  - твердість серцевини металу.

Втомні дослідження на циклічний розтяг проводили на установці з інерційним силозбудженням від обертальних незрівноважених мас з частотою навантаження в інтервалі  $\nu = 7 - 8$  Гц і коефіцієнтом асиметрії циклу напруження  $R = 0,2$ . Встановлено, що термодифузійне твердорозчинне зміцнення поверхневого шару в досліджених межах  $70 \% > K > 30 \%$  позитивно впливає на опір втоми титанового сплаву BT1-0 за умов циклічного розтягу. Максимальний рівень опору втоми титанового сплаву BT1-0 досягнуто при поверхневому зміцненні  $K = 40 - 50 \%$ . За цього зміцнення кількість циклів до руйнування за напруження ( $\sigma_b$  – короткотривала міцність у вихідному стані) зростає на 100 – 120 %. Рентгеноструктурними дослідженнями зафіксовано зміну параметрів решітки титану  $a$  та  $c$  та їх співвідношення  $c/a$  залежно від рівня поверхневого зміцнення, виявлено зміну величини напружень 1-ого роду після поверхневого зміцнення, а також зміну розміру субзерен після зміцнювальних обробок. Показано, що зміцнення на оптимальний рівень ( $K = 40 - 50 \%$ ) сприяє найбільшій деформації кристалічної решітки металу, максимальному подрібненню його субзеренної структури, виникненню максимального рівня напружень стиску.

Метод твердорозчинного зміцнення поверхневого шару термодифузійним насиченням має ряд вагомих переваг перед іншими методами підвищення опору втоми: можливість суміщати операції зміцнення поверхні виробів зі штатною вакуумною термообробкою; обробляти вироби складної форми без зміни їх геометрії і розмірів; розширити межі експлуатаційної придатності виробів з газонасиченими шарами; дозволяє реалізувати одночасну поверхневу та об'ємну обробку і може бути рекомендований як кінцева технологічна операція.

### **Електротехнічний комплекс для вимірювання опору алюмінієвих сплавів в інтервалі кристалізації**

Д. В. Вінниченко

Інститут імпульсних процесів та технологій НАН України, Миколаїв

Розробка достовірної діагностики фазового стану тверднучого металу є актуальною і з фундаментальної точки зору, оскільки дозволить отримати більш точні уявлення про закономірності фазового перетворення багатокомпонентних розплавів. Деякі автори припускають, що фазовий перехід здійснюється безперервно з відсутністю чіткої межі між рідко-твердим та твердо-рідким станом, інші вважають такою межею границю виливаємості або початок лінійної усадки.

Теоретичною основою для розробки методу визначення фазового стану сплавів в інтервалі кристалізації є уявлення про структуру ближнього порядку металевої рідини та структурно-фазові перетворення під час кристалізації. Існують гіпотези,