**Кузьменко Микола Миколайович. Розробка термодеформованих титанових композитів системи Ti-Si-(Al,Zr) конструкційного призначення для використання в інтервалі температур 20-700 градусів за Цельсієм : дис... канд. техн. наук: 05.02.01 / НАН України; Інститут проблем матеріалознавства ім. І.М.Францевича. — К., 2006. — 144арк. : рис., табл. — Бібліогр.: арк. 133-142**

|  |  |
| --- | --- |
| |  | | --- | | Кузьменко М.М. „Розробка термодеформованих титанових композитів системи Ti-Si-(Al,Zr) конструкційного призначення для використання в інтервалі температур 20-700 оС”.– Рукопис.  Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.02.01 – матеріалознавство. - Інститут проблем матеріалознавства ім. І.М. Францевича НАН України, Київ, 2006.  Дисертація присвячена розробленню термодеформованих титанових композитів системи Ti-Si-(Al,Zr) та дослідженню впливу режимів деформування на їх структуру, фазовий склад та механічні властивості. Вивчено вплив пластичної деформації модельних та складнолегованих сплавів із вмістом кремнію до 6 % (мас.). Додаткове легування сплавів системи Ti-Si алюмінієм та цирконієм дозволило підвищити модуль пружності до 140 ГПа, що є недосяжним для традиційних титанових сплавів. Запропоновано механізми впливу на низькотемпературну пластичність та короткотривалу жароміцність.  Внаслідок виконаної роботи з’ясовано основні причини обмеження пластичності складнолегованих сплавів системи Ti-Si-(Al,Zr) при кімнатній температурі. Запропоновано перспективні склади та режими термомеханічного оброблення, які дозволяють формувати оптимальні структурні стани для забезпечення кращої комбінації низькотемпературної міцності, пластичності, тріщиностійкості та жароміцності до температури 700 оС.  Досліджувані сплави знаходяться на рівні кращих промислових жароміцних титанових сплавів після випробувань при кімнатній температурі та переважають їх по міцності при середніх і підвищених температурах.Дані сплави можуть доповнити ряд традиційних титанових сплавів для роботи при температурах вищих за 600 оС.  ***Ключові слова:***титанові сплави, пластичне деформування, композити, термомеханічне оброблення, структуроутворення, фазовий склад, механічні властивості, модуль пружності, жароміцність, жаростійкість. | |
| |  | | --- | | У дисертації наведено вирішення наукового завдання, що полягає у розробці нових титанових композитів Ti-Si-(Al,Zr) із силіцидним зміцненням для застосування у виробах конструкційного призначення в інтервалі температур 20-700оС та режимів їх гарячого деформування за рахунок досліджень закономірностей еволюції структури, фазового складу та фізико-механічних властивостей. Під час виконання роботи отримані такі основні результати:  1. Показано, що титанові композити системи Ti-Si із евтектичною складовою в литому стані відрізняються покращеними високотемпературними механічними властивостями. Проте їх пластичність при кімнатній температурі є відносно низькою (до 0,8 %). Встановлено, що така низька пластичність обумовлена в першу чергу наявністю первинної дендритної структури та морфологією силіцидної фази, а також особливістю руйнування силіцидних колоній в процесі навантаження.  2. Встановлено, що деформування подвійних сплавів системи Ti-Si призводить до значного покращення їх пластичності та міцності при кімнатній температурі та деякого зниження жароміцності у порівнянні з литим станом. Враховуючи те, що по жароміцності у деформованому стані сплави з 2 % (мас.) кремнію практично не поступаються сплавам з 4 та 6 % (мас.), вони можуть бути рекомендовані як перспективна основа для комплексного твердорозчинного зміцнення матриці за рахунок легування алюмінієм та цирконієм.  3. Виявлено, що додаткове легування сплавів системи Ti-Si алюмінієм та цирконієм призводить до зменшення розчинності кремнію в - фазі. При цьому відбувається одно-часне легування твердого розчину та вихідної зміцнюючої фази Ti5Si3, яка трансформується у складнолегований силіцид (Ti,Zr)5(Al,Si)3. У процесі термомеханічної обробки комплекснолегова-  них сплавів Ti-Si-(Al,Zr) із вмістом цирконію до 5 % (мас.) відбувається часткове перетворення  вихідної фази (Ti,Zr)5(Al,Si)3 на (Ti,Zr)2(Al,Si).  4. Встановлено немонотонний вплив ступеню деформації на механічні властивості сплаву Ti-3Al-4Si-5Zr. Деформування до ступеню 30 % призводить до руйнування силіцидного каркасу та утворення всередині евтектичних колоній тріщин деформаційної природи, що негативно впливають на властивості сплаву. Підвищення ступеню деформування до 60 та 90 % покращує однорідність структури, заліковує тріщини та інші дефекти литої структури, що суттєво підвищує характеристики міцності (від 800 до 1100 МПа) та пластичності при кімнатній температурі (від 0 до 4-5 %).  5. Запропоновано комплескнолегований сплав з підвищеним вмістом алюмінію (Ti-8Al-2,2Zr-1,4Si) на основі високолегованої - титанової матриці, додатково зміцненої високодисперсною інтерметалідною фазою Ті3Al та складним силіцидом (Ti,Zr)5(Al,Si)3. Встановлено, що при оптимальних режимах деформування такий сплав має високі показники міцності, пластичності та жароміцності.  6. Вивчено вплив легування алюмінієм на характеристики жароміцності. За допомогою термоактиваційного аналізу знайдено температурні інтервали зміни дислокаційних механізмів деформації в залежності від вмісту алюмінію. Встановлено, що збільшення вмісту алюмінію до 8 % (мас.) дозволяє підвищити температуру можливого використання сплавів до 731 оС.  7. Встановлено, що температура деформації суттєво впливає на формування структури. ТМО сплаву Ti-8Al-1,4Si-2,2Zr із закінченням деформування в -області призводить до формування пакетної структури та виділень високодисперсних силіцидів із розміром до 1 мкм. ТМО із закінченням деформування в -області при температурі 970 оС призводить до формування дисперсної рівновісьової зеренної структури із одночасним подрібненням силіцидної фази. В проміжній (+) області формується перехідна структура. При цьому, завершення ТМО в - області, забезпечує найбільш високу жароміцність (600-653 МПа при 700 оС); в - області - найкраще співвідношення низькотемпературної міцності, пластичності, в’язкості руйнування (К1С близько 50 МПам1/2) та жароміцності; сплави, деформовані в (+) області, відрізняються підвищеною міцністю при кімнатній температурі (1290-1310 МПа).  8. На державному підприємстві «ХКБД» (м. Харків) були проведені атестаційні випробування накладок на поршень та вхідника компресора для експериментального двигуна, виготовлених із титанових композитів системи Ti-Si-(Al,Zr). Стендові випробування показали, що застосування нових матеріалів дозволило підвищити температуру випускних газів перед турбіною турбонаддування із 847 оК до 935 оК та покращити цілий ряд техніко-економічних параметрів нового двигуна. | |