Влияние модифицирующих добавок MAX-фаз на механические свойства сплавов на основе алюминида титана

А.А. Скирпичникова, Г.М. Марков, П.А.Логинов (pavel.loginov.misis@list.ru)

НИТУ «МИСИС»

АПП-2024

Интерметаллиды, отличающиеся высокой твердостью, химической стойкостью и температурой плавления, применяются в промышленности в качестве конструкционных материалов. Их высокий потенциал обусловлен жаропрочностью и жаростойкостью, но хрупкость при комнатной температуре требует разработки методов модификации структуры и фазового состава.

Цель исследования: изучение взаимодействия добавки MAX-фазы со сплавом на основе TiAl с последующей оценкой структуры материала

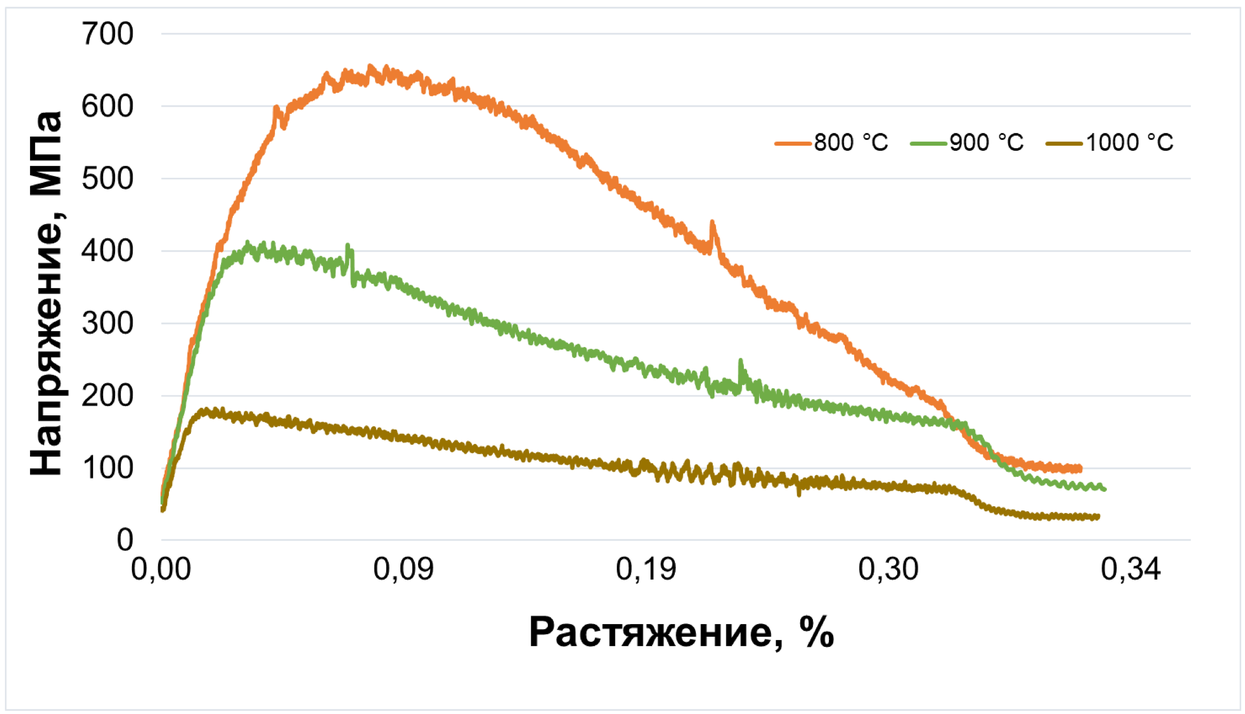
Материал: спеченный порошок на основе алюминида титана (TiAl) с добавлением MAX-фазы Ti2AlC в в концентрациях 0,5-1 масс. %

Методы изготовления:
1. ВЭМО
2. СВС
3. ГИП
4. ТО

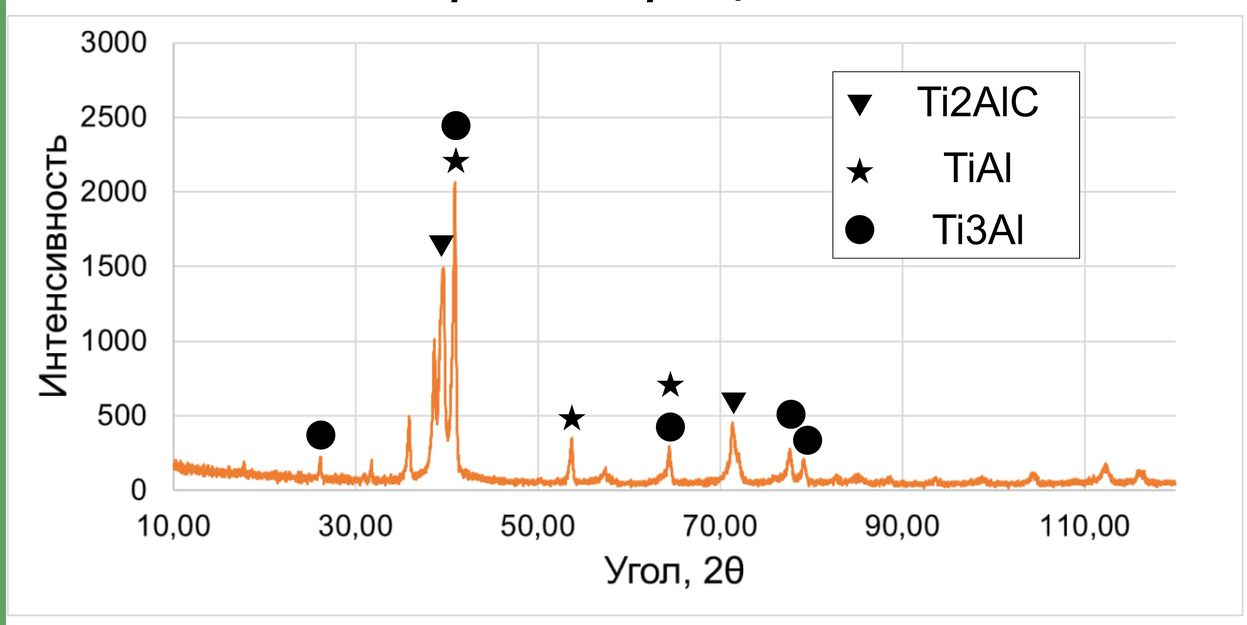
Методы анализа:
1. СЭМ
2. РФА

Благодаря такой технологии получен материал с равномерной микроструктурой и минимальным содержанием пор.

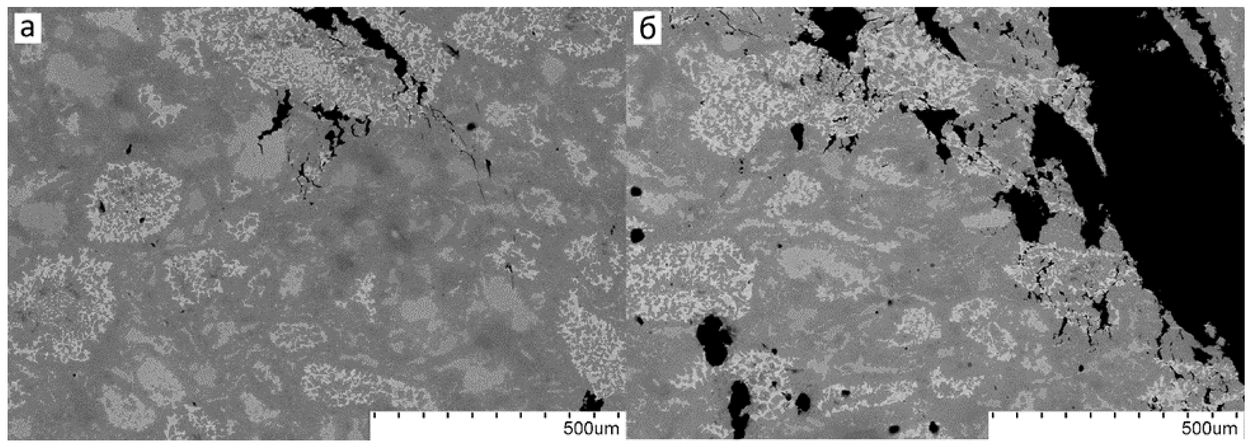
Диаграмма напряжение-деформация



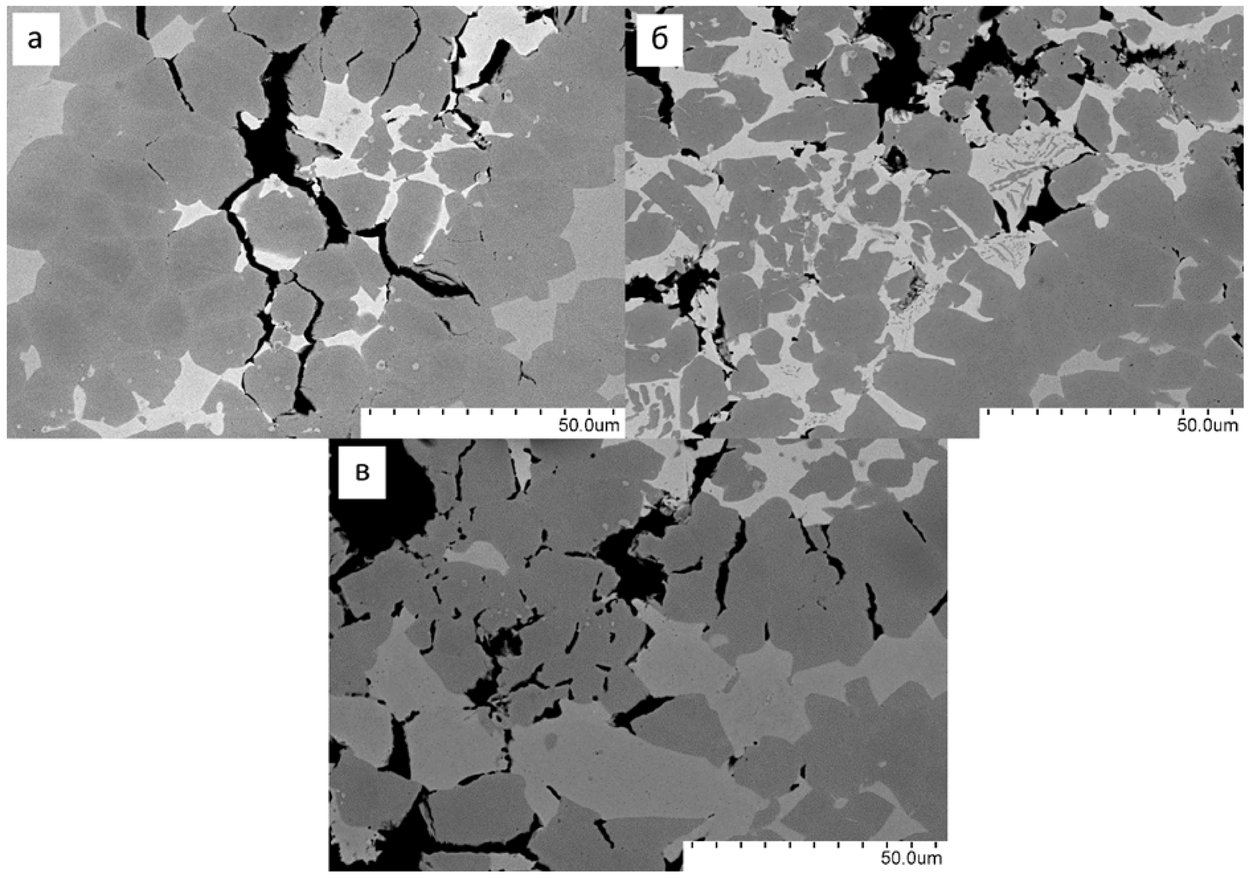
Рентгенограмма образца TiAl + Ti2AlC



Анализ образцов на СЭМ



Микроструктура образца состава TiAl + Ti2AlC при увеличении x100,
а – образец после испытания при 800° С, б - образец после испытания при 900° С



Микроструктура образца состава TiAl + Ti2AlC при увеличении x500,
а – образец после испытания при 800° С, б - при 900° С, в - при 1000° С

В структуре сплавов находятся фазы TiAl/Ti3Al - самые темные области на картинке а) и являющиеся основой и Ti2AlC - самые светлые области на картинке а) в качестве добавки. Это равноосные зерна размером 5-10 мкм. Состав на всех трех представленных картинках не изменяется. Трещины при деформации распространялись по фазам TiAl/Ti3Al и останавливались на зернах таких же фаз, обогащенных ниобием и молибденом (5-7 ат. %) с вкраплениями Ti2AlC. Так, легированная фаза действует как барьер для трещин.

Выводы:

1. MAX-фаза стабильна при высоких температурах и упрочняет материал;
2. Разрушение интеркристаллитного характера, вдоль границ фаз Ti3Al и Ti2AlC;
3. Механизм разрушения при термомеханических испытаниях на сжатие одинаков для всех образцов:
   - модуль упругости E = 90 ГПа,
   - предел текучести σ0,2 – 520 МПа,
   - предел прочности при сжатии σв – 1115 МПа.

Образцы с ламеллярной микроструктурой имеют повышенные на 50-70 МПа значения прочности по сравнению с образцами, обладающими глобулярной структурой.

Работа выполнена при поддержке Министерства науки и высшего образования РФ в рамках государственного задания (проект № 0718-2020-0034).