

Анализ материала многофункциональных слоистых композитов системы Ti-TiAl₃

Студент гр. 10402319 Су Сяодун
 Научный руководитель – Минько Д.В.
 Белорусский национальный технический университет

С быстрым развитием аэрокосмической, железнодорожной, нефтехимической, морской и других отраслей промышленности, а также развитием крупных научных и технологических проектов, целью которых является снижение материалоемкости основного оборудования и экологизация, однородным металлам или сплавам становится все сложнее удовлетворять повышенные требования к выполнению разносторонних функций, так что многофункциональные слоистые композиты с двумя или более металлическими свойствами получают все больше и больше внимания.

Титан – легкий, высокопрочный, износостойкий и устойчивый к коррозии металл, но слишком высокая стоимость ограничивает его широкомасштабное применение. Алюминий также легкий металл, имеющий высокие значения электро- и теплопроводности, и низкую стоимость. Однако его характеристики ухудшаются в высокотемпературных и коррозионных средах, а его ударопрочность мала. Поэтому решение вопроса совмещения преимуществ этих двух металлов является важной научно-технической проблемой.

В 80-х годах прошлого века ученые на базе изучения твердых оболочек живых существ разработали слоистую модель структуры высокопрочных материалов, состоящих из нескольких различных металлов, металлов и неметаллических материалов. При применении этой модели к системе Ti-Al можно заметить, что ее интерметаллические соединения в основном включают фазы пяти типов – TiAl, TiAl₂, TiAl₃, Ti₃Al и Ti₂Al₅ (рисунок 1).

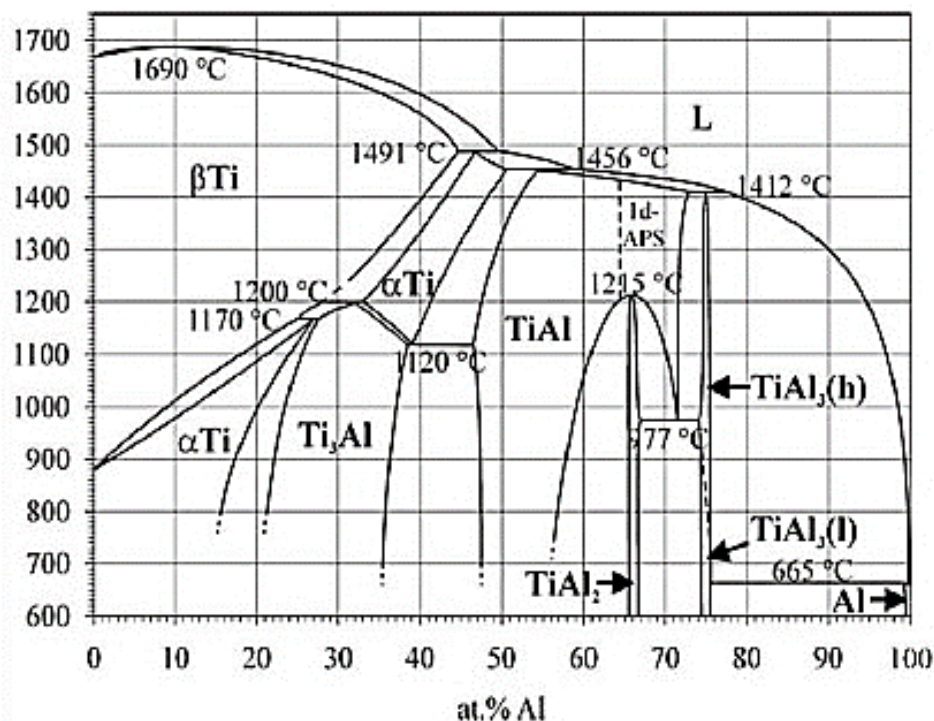


Рисунок 1 – Двухфазная диаграмма системы Ti-Al

Обнаружено, что интерметаллические соединения системы Ti-Al обладают отличными свойствами, такими как высокая прочность и ударная вязкость, высокий модуль упругости,

низкая плотность, коррозионная стойкость и стойкость к высокотемпературному окислению (таблица 1), среди которых интерметаллид $TiAl_3$ имеет самую низкую плотность и самую высокую удельную прочность [1].

Таблица 1 – Сравнение физических свойств Ti и интерметаллических соединений системы $Ti-Al$

Материалы	Ti	Ti_3Al	$TiAl$	$TiAl_3$
Плотность, г/см ³	4,5	4,1–4,7	3,7–3,9	3,36
Модуль упругости, ГПа	95–115	110–145	160–180	216
Предел текучести, МПа	380–1150	700-990	350–600	120–445
Прочность на разрыв, МПа	480–1200	800–1140	440–700	–
Относительное удлинение, %	10–25	2–10	1–4	0,1–0,5

Стремительное развитие науки и техники требует постоянного совершенствования применяемых в различных целях функциональных материалов. В военной промышленности необходимо постоянно совершенствовать пулепробивную прочность, ударопрочность и легкость бронированных защитных материалов, которые должны максимально соответствовать требованиям высокой твердости, высокой прочности, высокой ударной вязкости и низкой плотности, то есть «три высоких и одно низкое свойство». В последние годы в этой области преимущественно применяются керамические материалы, важнейшими из которых является керамика на основе оксида алюминия, карбида бора и карбида кремния [2]. Из таблицы 2 видно, что преимущества высокой прочности, высокой термостойкости и коррозионной стойкости $TiAl_3$ имеют большой потенциал в области бронезащитных материалов.

Таблица 2 – Свойства керамических материалов [2]

Материалы	Al_2O_3	B_4C	SiC
Плотность, г/см ³	3,6–3,9	2,5	3,12–3,28
Модуль упругости, ГПа	340	400	408–451
Твердость по Кнупу	1800	2900	2500
Ударная вязкость, МПа·м ^{0,5}	2,8–4,5	2,8–4,3	4,0–6,4

Однако из-за низких значений пластичности и ударной вязкости отдельно взятого интерметаллида $TiAl_3$, его используют в составе слоистой структуры, в которой попеременно уложены титановые и алюминиевые пластины. Таким образом при условии разработки технологии получения многофункциональных слоистых композитов системы $Ti-TiAl_3$ хрупкость интерметаллида $TiAl_3$ может быть значительно снижена, а система $Ti-TiAl_3$ может найти более широкое применение в различных областях.

Список использованных источников

1 Лю Вэньбо Исследование технологии сварки $Ti/TiAl_3$ ламинированных композитов: магистерская диссертация. – Даляньский технологический университет, 2022.

2 Чжан Вэнью Исследование и применение керамических материалов для защиты брони» / Вэнью Чжан // Керамика. 08(2020): 16-20. doi: 10. 19397 / j. cnki. ceramics. 2020. 08. 003