

ТИТАНА І ЙОГО СПЛАВИ

Мета роботи: вивчити мікроструктури титану і його сплавів

ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА

Титан - метал сріблясто-білого кольору, температура топлення 1665 ± 5 °С. Титан має дві алотропічні модифікації: до 882 °С існує: α -титан, що кристалізується в ГПУ (гексагональна плотноупакована) ґратка, а при 900 °С – β - титан, що має ОЦК (об'ємно центрована кубічна) ґратка при 900° С. Коефіцієнт лінійного розширення титану в інтервалі 20 - 100 °С дорівнює $8,3 \cdot 10^{-6}$, теплопровідність при 50 °С складає 15,4 Вт/{м·К). Технічний титан виготовляють трьох марок: VT1-00 (99,53% Ti), VT1-0 (99,48% Ti) і VT1 - 1 (99,44% Ti).

Титан до 550 °С корозійностійкий у багатьох агресивних середовищах, у тому числі на повітрі, прісній і морській воді, через наявність на його поверхні міцної оксидної плівки. У випадку порушень цієї плівки при ударах і терті (наприклад, обробка різанням) титан активно взаємодіє з киснем (з утворенням Ti_2), що може привести до його самозаймання. Це необхідно враховувати при роботі з технічно чистим титаном.

З вуглецем, азотом, бором, кремнієм титан утворює тугоплавкі тверді з'єднання, які використовують в різних областях промисловості. Наприклад, карбід титану ($t_{пл}=3140^{\circ}C$) застосовується для виготовлення інструментальних і абразивних матеріалів; борида титана, Ti_2B_5 - у ядерній енергетиці; силіциди титана $TiSi_2$ і ін. - у техніці високих температур.

Коштовною властивістю титана є поєнання легкості з міцністю і корозійною стійкістю, що зберігаються в інтервалі температур 250...+ 550 °С. Титан технічний марок використовується для виготовлення хімічних і харчових ємкостей; у відбудовній хірургії; як конструкційний матеріал для деталей, що працюють в умовах глибокого холоду (криогенна техніка); для альпіністського спорядження; при виробництві й обробці художніх виробів і ін. У машинобудуванні застосовуються сплави на основі титана.

Сплави титана

Для одержання сплавів титан легують Al, Mo, V, Mn, Cr, Sn, Fe, Zn, Nb, для поліпшення механічних властивостей, рідше - для підвищення корозійної стійкості. Питома міцність (σ_B/γ) титанових сплавів вище чим легуваних сталей. Легуючі елементи дуже впливають на температури поліморфного перетворення. Такі елементи (Al, O, N) підвищують температуру поліморфного перетворення і розширюють α -область; їх називають α -стабілізаторами. Деякі елементи цієї групи утворюють із титаном хімічні сполуки. Mo, V, Mn, Cr, Fe, знижують температуру поліморфного

перетворення й розширюють область існування β -фази; їх називають β -стабілізаторами. При легуванні титана Mn, Fe, Cr, Si і деякими іншими елементами утворюються хімічні сполуки; у таких сплавах протікає евтектоїдне перетворення $\beta \rightarrow \alpha \text{ Ti}_x\text{M}_y$. Як правило, всі промислові сплави титана містять алюміній. Алюміній підвищує тимчасовий опір, але зменшує пластичність сплавів.

Розрізняють:

1) α -сплави, структура яких твердий розчин легуючих елементів в α -титані. Основний легуючий елемент у них алюміній. Крім того, сплави можуть містити нейтральні елементи (Sn, Zr) і невелику кількість β -стабілізаторів (Mn, Fe, Cr, Mo);

2) $\alpha + \beta$ -сплави, що складаються з α - і β -твердих розчинів. $\alpha + \beta$ -сплави містять, крім алюмінію 2 - 4 % β -стабілізаторів (Cr, Mo, Fe і ін.). Структура $\alpha + \beta$ -сплавів після нагріву до β -області й деформації - пластини, які чергуються α - і β -фаз (рис. 6.1, б). Після значної деформації при температурах, що відповідають $\alpha + \beta$ -області, утворюється глобулярна (рівноосна), структура, коли зерна α -фази округлі (дископодібні), а β -фаза утворює сітку по межах зерен β -фази або представлена ізольованими зернами (рис. 6.1);

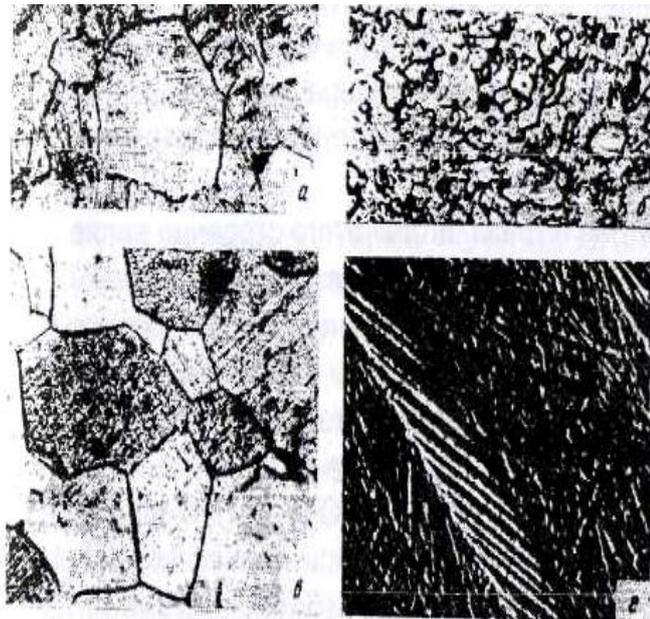


Рисунок 6.1 - Мікроструктура титанових сплавів, $\times 250$: а - пластини α - фази; б - $\alpha + \beta$ -фази; в - α -фаза; г - $\alpha'' + \beta$ -залишк.

3) β - сплави, структура -твердий розчин легуючих елементів в β -титані. Ці сплави містять велику кількість β -стабілізаторів. Найбільше застосовуються одержали α і $\alpha + \beta$ -сплави.

Титанові сплави, що застосовуються в техніці, поділяють на дві основні групи: *деформовані й ливарні*. Сплави першої групи використовують

для виробництва різних деформованих напівфабрикатів: кувань, смуг, листів, труб, профілів і т.д. Сплави другої групи застосовують для фасонного лиття.

Деформовані титанові сплави. Всі деформовані титанові сплави по їх структурі поділяють на три основні групи: α , $\alpha + \beta$ і β -сплави.

До першої групи відносять технічний титан, сплави Ti-Al, Ti-Al-Sn, Ti-Al-Zr зі структурою α -твердого розчину на основі модифікації α -Ti і сплави, що містять невеликі кількості β -фази.

Друга група сплави систем: Ti-Al-Mn, Ti-Al-Fe, Ti-Al-Mo, Ti-Al-Nb, Ti-Al-V, Ti-Al-Cr, Ti-Al-Cr, Ti-Al-Mo-V, Ti-Al-Fe-Cr, Ti-Cr-Mo-Fe. У відпаленому стані ці сплави мають $\alpha + \beta$ структуру, відрізняючись друг від друга співвідношенням α і β -фаз. Однак в умовах швидкого охолодження (наприклад, при загартуванні у воді) в сплавах утворюються проміжні метастабільні фази й у залежності від вмісту β -стабілізуючої добавки вони можуть мати структуру, яка складається з мартенситної α -фази або метастабільної β -фази, з фіксовано високою температурою. У зв'язку із цим $\alpha + \beta$ -сплави поділяються на два класи: сплави мартенситного титану й сплави з метастабільною β -фазою.

Мартенситна β -фаза голчастої будови є проміжною метастабільною фазою, що утворюється при переході β в α -фазу: β в $\alpha + \beta$. Вона має ті ж кристаличні ґратки, що й α -фаза, але з деякими перекручуваннями її форми й розмірів, подібно мартенситу в сталях. При тривалому нагріванні мартенситна β -фаза переходить у стабільну α -фазу.

Третя група - сплави зі стабільною β -фазою і сплави, що містять, крім β -фази, невеликі кількості α -фази або інтерметалідних з'єднань. До цієї групи входить сплав системи Al-Cr-Mo (BT15).

Сплави титана. Розглянуті вище структурні особливості титанових сплавів у стабільному й метастабільному станах покладені в основу розподілу титанових сплавів на наступні групи:

- 1) α - сплави;
- 2) псевдо α -сплави;
- 3) $\alpha + \beta$ -сплави ($K_{\beta \text{ стаб}} \leq 0,25$); мартенситного класу ($K_{\beta \text{ стаб}} = 0,3 - 0,9$);
- 4) сплави перехідного класу ($K_{\beta \text{ стаб}} = 1,0 - 1,4$); 5) псевдо β -сплави ($K_{\beta \text{ стаб}} = 1,6 - 2,8$).

У таблиці 6.1 наведені механічні властивості титанових сплавів різних класів:

1) α - сплави мають порівняно невелику міцність, не піддаються термічній обробці, але сильно змінюються при холодному деформуванні. Сплави не холодноламкі, легко зварюються й мають високу термічну стабільність, тобто зберігають свої властивості при тривалому нагріві при робочих температурах і напругах. Їх недоліком є знижена технологічна пластичність.

Таблиця 6.1 – Механічні властивості типових титанових сплавів

Сплав	Вміст елементів, % (по масі)	σ_B , МПа	δ	ψ	a_n , МДж/м ²
			%		
α- сплави					
BT5	5Al	750-900	10	25	0,50
BT 5-1	5Al; 2,5Sn	800-100	10	25	0,40
Псевдо-α-сплави					
ВІД 4-1	1,5Al; 1,0Mn	600-750	15	35	0,45
BT20	6,0Al; 2,0Zr; 1,0Mo; 1,0V	950-1100	10	25	0,40
$\alpha+\beta$- сплави мартенситного класу					
BT6	6,0Al; 4,0V	900-1070/1100	10/6	30/20	0,40/0,30
BT14	4,5Al; 3,0Mo; 1,0V	900-1070/1120	10/6	35/12	0,50/0,25
BT23	5,0Al; 2,5Mo; 4,5V; 1,0Cr; 0,5Fe	1050-1200/1250	10/6	30/18	0,40/0,25
$\alpha+\beta$-сплави перехідного класу					
BT22	5,0Al; 5,0Mo; 5,0V; 1,0Cr; 1,0Fe	1100-1250/1300	9/6	25/16	0,30/0,20
Псевдо β-сплави					
BT32	2,0Al; 8Mo; 8,0V; 1,0Cr; 1,0Fe	800-950/1200	15-6	50/20	0,45/0,25

Псевдо α - сплавами називають сплави, що містять 2 - 6% α - фази внаслідок легування їх β - стабілізуючими елементами. Це поліпшує їх технологічну пластичність і полегшує обробку тиском не погіршуючи зварюваності.

Найбільше промислове застосування знайшли $\alpha+\beta$ -сплави мартенситного класу (табл. 6.1). У відпаленому стані їх структура складається з α - фази й 5 - 25% β - фази.

Ці сплави мають гарні механічні властивості (табл. 6.1), можуть бути зміцнені термічною обробкою, але мають знижену термічну стабільність. Після зварювання деталі потрібно піддавати термічній обробці для відновлення пластичності. Сплави перехідного класу складаються з α -фази й 25 - 50% β -фази, застосовуються як у відпаленому стані, так і після гартування й старіння. Сплави прокалюються в перетині до 200 – 250 мм, мають задовільну термічну стабільність, але після зварювання вимагають термічної обробки для відновлення пластичності.

Двофазні титанові сплави проявляють сверхпластичність при 850 - 950°C і швидкостях деформації 10^{-4} - 10^{-3} °C⁻¹. Відносне подовження досягає 1000% ($m = 0,4$ - $0,8$). Крайні результати отримані після термомеханічної обробки, коли поєднують деформацію α -фази в процесі нагріву під гарт й у процесі розпаду мартенситу, при температурі $\alpha+\beta$ - області.

Псевдо β -титанові сплави містять у структурі в основному β -фазу, зміцнюються термічною обробкою в значних перетинах і мають високу пластичність у холодному стані. Термічна стабільність вище 200°C не велика, особливо при напруженні. β - сплави застосування не знайшли, однак

можуть бути використані як корозійностійкі, а також для короткочасної роботи при високих температурах до 1000 - 1200°C.

Області застосування сплавів. Титан і його сплави використовують там, де головну роль відіграють висока питома міцність і гарний опір корозії. Титанові сплави застосовують в авіації (обшивка літаків, диски і лопатки компресора і т.д.), в ракетній техніці (корпуси двигунів, балони для зріджених газів, сопла і т.д.) в хімічному машинобудуванні (обладнання для таких середовищ, як хлор і його розчини, теплообмінники, що працюють в азотній кислоті і т.д.), суднобудуванні (гребні, гвинти, обшивки морських суден, підводних човнів і торпед), в енергомашинобудуванні (диски і лопатки стаціонарних турбін), в криогенній техніці і т.д.

Експериментальна частина

Дослідити типові структури α -сплавів, $\alpha+\beta$ -сплавів, сплавів з метастабільною і стабільною β -фазою, структури титанових сплавів після гартування і старіння. Встановити зв'язок між структурою, діаграмою стану і термічною обробкою.

Виготовити мікрошліфи, охарактеризувати і схематично замалювати структури титанових сплавів, вказати марку, хімічний склад, структуру, особливості будови. Режим обробки.

Прилади й матеріали

Металографічний мікроскоп, зразки для дослідження, шліфувальна шкурка наступних розмірів зернистості: 20, 12, 6, 3, М63, М40, М28, М14, М10, М7, М5, набір шліфувальних паст, реактиви для травлення, вата, спирт, фільтрувальна папір, струбцини, шліфувальний верстат, оксид магнію або хрому, ацетон, дистильована вода.

Контрольні питання

1. Які характерні фізичні та механічні властивості титану і де він застосовується?
2. Які легуючі елементи розширюють область α -фази і область β -фази?
3. У чому відмінність α -сплавів від $\alpha+\beta$ -сплавів?
4. Які сплави титану більш часто застосовуються?
5. Які домішки найбільш небезпечні для титана і чому?
6. Опишіть характерні властивості титанових сплавів, застосування.