

Титан і сплави на його основі

Властивості титану. Відмінна особливість титану – мала густина, висока міцність, висока корозійна стійкість (табл. 1.). Використовується титан завдяки високій питомій міцності (відношення σ_v до щільності) в авіабудуванні, ракетобудуванні, суднобудуванні.

Титан – метал сріблясто-білого кольору, має температуру плавлення 1672 °С, існує у двох алотропічних модифікаціях: α – низькотемпературна модифікація, має гексагональну щільноупаковану решітку ($a = 0,29$ нм, $c = 0,467$ нм); β – високотемпературна модифікація, має об'ємноцентровану кубічну решітку ($a = 0,331$ нм). Температура поліморфного переходу $\alpha \leftrightarrow \beta = 882$ °С.

Металургійні заводи виробляють титанову губку (ТГ), на машинобудівних заводах проводять переплавку в щільний технічний титан. Технічний титан – технологічний: добре кується, штампується, зварюється.

Промисловий спосіб виробництва титану полягає у збагаченні та хлоруванні титанової руди з наступним її відновленням з чотирьох хлористого титану металічним магнієм. Отриману при цьому титанову губку (ГОСТ 17746-96) маркують за твердістю спеціально виплавлених з неї зразків (ТГ-100, ТГ-110 та ін.). Для отримання монолітного титану губку переробляють на порошок, пресують та спікають або переплавляють у дугових печах у вакуумі або атмосфері інертних газів.

Для зменшення кількості домішок та більш рівномірного їх розподілення по перерізу злитку рекомендується його 2 – 3-разове переплавлення. Характерну для титанових злитків крупнозернисту структуру подрібнюють шляхом модифікування цирконієм або бором. Отриманий у результаті переплаву технічний титан (ГОСТ 19807-91) маркують у залежності від вмісту домішок ВТ1-00 (сума домішок $\leq 0,10$ %), ВТ1-0 (сума домішок $\leq 0,30$ %).

Таблиця 1 –

Склад, структура і механічні властивості титанових сплавів

Сплав	Вміст елементів (інше Ti), %				Структура	σ_B	$\sigma_{0,2}$	δ , %	КСУ, МДж/м ²
	Al	V	Mo	Інші		МПа			
BT5	4,5...6,2	1,2	0,9	0,3 Zr	α -сплави	700...950	660...850	10...15	0,3...0,5
BT5-1	4,3...6	1,0	—	2...3 Sn		750...950	650...850	10...15	0,45
OT4-1	1,5...2,5	—	—	0,7...2 Mn	Псевдо α -сплави	600...750	470...650	20...40	0,3
OT4	3,5...5,0	—	—	0,8...2 Mn		700...900	550...650	12...20	0,5
BT20	5,5...7,0	0,8...2,5	0,5...2,0	1,5...2,5 Zr		950...1150	850...1000	8	0,4...0,5
BT6	5,3...6,8	3,5...5,3	—	—	$(\alpha + \beta)$ - сплави	1100...1150	1000...1050	14...16	0,3
BT14	3,5...6,3	0,9...1,9	2,5...3,5	0,3 Zr		1150...1400	1080...1300	6...10	—
BT16	1,6...3,8	4,0...5,0	4,5...5,5	—		1250...1450	1100...1200	4...6	0,4...0,6
BT22	4,4...5,7	4,0...5,5	4,0...5,5	0,8...1,2 Cr 0,8...1,2 Fe		1100...1250	—	9	0,4

Фазові перетворення і легування титану. Всі елементи, які з титаном утворюють тверді розчини, поділяються на дві групи: А – елементи необмежено розчинні в титані; В – обмежено розчинні (рис. 1). Крім того, елементи, які підвищують температуру поліморфного переходу в І групі, знижують цю температуру у ІІ групі (рис. 1).

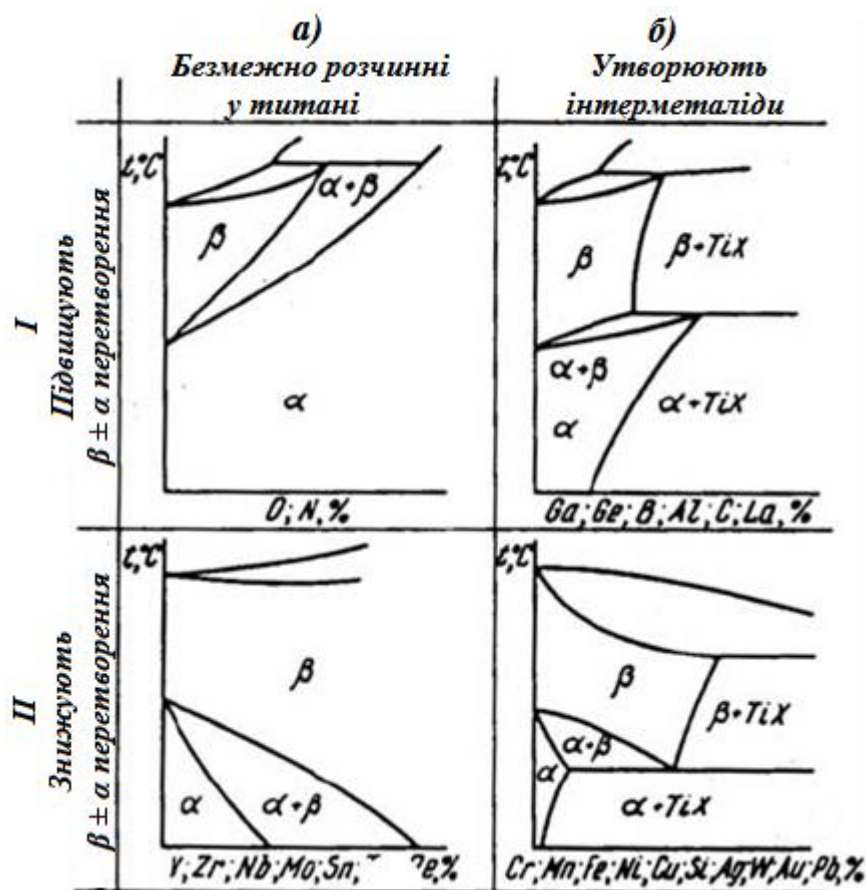


Рис. 1. Діаграми стану титанових сплавів.

Елементи, які ізоморфні α -титану, розширюють α -область і називаються α -стабілізатори, ті, які розширюють β -область, називаються β -стабілізатори.

Поліморфне $\beta \rightarrow \alpha$ перетворення може мати два механізми. При малому переохолодженні перетворення йде звичайним дифузійним шляхом, а при великому переохолодженні, коли рухливість атомів мала – за мартенситним механізмом (рис. 2). У першому випадку утворюється напіведрична структура, у другому – голчаста.



Рис. 2. Структури титанових сплавів, отриманих при малому (а) і при великому (б) переохолодженні.

Як і в залізовуглецевих сплавах, в титанових сплавах перетворення описуються діаграмами ізотермічного перетворення (рис. 3). На діаграмі можна визначити температуру мартенситного перетворення, коли починається бездифузійне мартенситне перетворення.

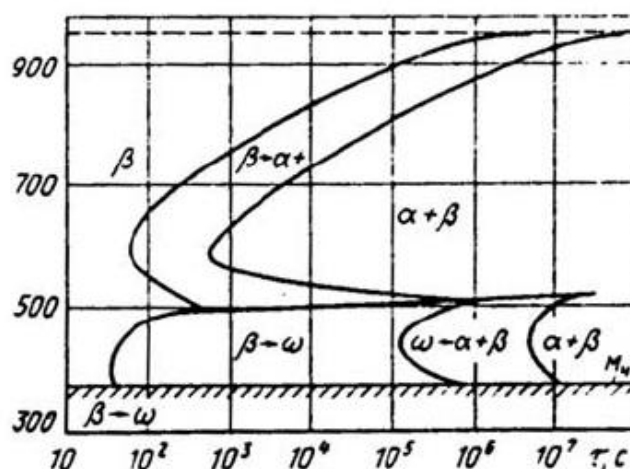


Рис. 3. Діаграма ізотермічного перетворення β -фази в сплавах титану.

Промислові титанові сплави та їх термічне оброблення. За технологією виробництва титанові сплави поділяють на деформовані та ливарні; за механічними властивостями – на сплави нормальної міцності, високоміцні і жароміцні; за здатністю зміцнюватись за допомогою термічного оброблення –

на зміцнювані та незміцнювані термічним обробленням; за структурою у відпаленому стані – на α , псевдо α , $\alpha + \beta$, β , псевдо β сплави.

До сплавів з α -структурою відносяться сплави титану з алюмінієм (BT5). Вони характеризуються середньою міцністю при 20 °C; при кріогенних температурах міцність зварного шва становить 90 % від основного металу. Недолік – незміцнюваність термічним обробленням.

Псевдо α -сплави (BT20) мають високу технологічну пластичність. Недолік цих сплавів – схильність до водневої крихкості.

Двофазні $\alpha + \beta$ сплави володіють кращим поєднанням технологічних і механічних характеристик (BT6). Вони зміцнюються за допомогою термічної обробки – гартування і старіння.

Псевдо β -сплави (BT15) високолеговані молібденом, ванадієм, хромом. Їх структура після гартування – β' -фаза. В цьому стані вони мають хорошу пластичність.

Титанові сплави, в основному, піддаються відпалу, гартуванню і старінню, хіміко-термічному обробленню. Відпал проводять для зняття наклепу при температурі рекристалізації ($T_p = 400 \dots 600$ °C), але не вище температури $\alpha \leftrightarrow \beta$ переходу, щоб уникнути зростання зерна. Час відпалу – до трьох годин.

Зміцнююче термічне оброблення (гартування і старіння) застосовується тільки до сплавів з $\alpha + \beta$ структурою. Гартування проводять з області $\alpha + \beta$ з концентрацією легувальних елементів (див. рис. 1, б) при охолодженні у воді. В результаті утворюється голчастий мартенсит – пересичений твердий розчин легувальних елементів в α -титані (рис. 1, б). Фаза α' має більш високу твердість, ніж стабільна α -фаза. При старінні з α' -фази виділяється β -фаза різної дисперсності.