

# Влияние присадок на изменение кристаллической решетки и физико-механических свойств цветных металлов

*Работу выполнили студенты группы НвФл -231  
Зайцев А.А. Нечибыло А.А. Никитин В.А.*

# Что из себя представляют цветные металлы и какие они бывают?

Цветные металлы - не железные металлы и сплавы не содержащие железо. В производстве существует классификация цветных металлов:

- легкие - литий (Li), рубидий (Rb), цезий (Cs), бериллий (Be);
- радиоактивные - трансурановые элементы (уран (U), радий (Ra), франций (Fr), плутоний (Pu) и другие), полоний (Po), технеций (Tc);
- рассеяные - галлий (Ga), индий (In), селен (Se), теллур (Te), рений (Re), таллий (Tl), германий (Ge);

# Что из себя представляют цветные металлы и какие они бывают?

- тугоплавкие - титан (Ti), тантал (Ta), молибден (Mo), ванадий (V), цирконий (Zr), гафний (Hf), ниобий (Nb), вольфрам (W);
- редкоземельные - скандий (Sc), иттрий (Y), лантан и лантоиды;

Германий, селен и теллур - отнесены к металлам условно и в отличии от металлов они ситаются полупроводниками

# Применение. Рассмотрим характеристики цветных металлов на примере титана

В машиностроении широко используют в чистом виде так и в сплавах такие металлы как: медь, олово, цинк, алюминий, титан, никель, магний, свинец, молибден.

Подробно рассмотрим методы получения, свойства металла и его сплавов на примере титана.

Титан - серебристо-белый металл, существующий в виде двух аллотропических модификаций:

- альфа-форма - при температуре ниже 882 градусов С обладает плотноупакованной решеткой
- бета-форма - при температуре выше 882 градусов С обладает кубической объемно центрированной решеткой

При различных добавках температура при которой изменяется кристаллическая решетка может изменяться.

Титан характеризуется хорошими физическими свойствами: прочный, легкий, стойкий к коррозии.



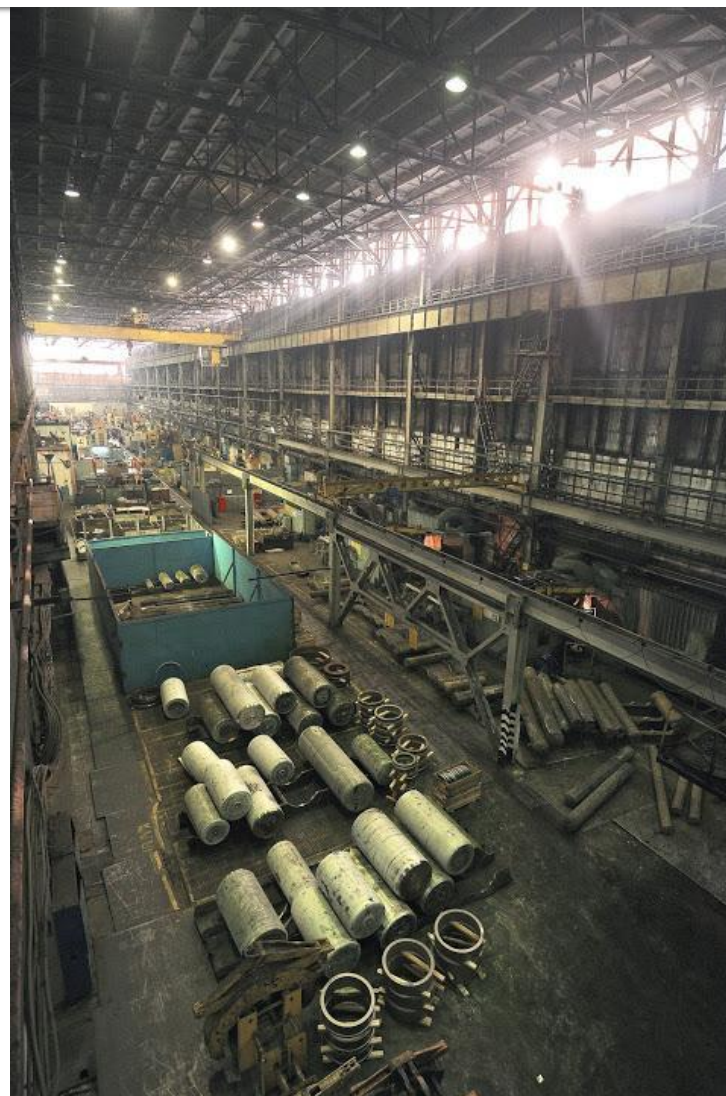
# Производство титана

Наиболее распространенными рудами для получения титана являются ильменит ( $\text{FeO} \cdot \text{TiO}_2$ ), рутил ( $\text{TiO}_2$ ), титаномагнетит ( $\text{FeTiO}_3 \cdot \text{Fe}_3\text{O}_4$ ). После обогащения концентраты титановых руд обычно содержат 42-65%  $\text{TiO}_2$ . Для получения металлического титана требуется восстановление четыреххлористого титана или окислов титана магниетермическим или натриетермическим способом. Магний, титан и хлористый магний производят на одном заводе, побочный продукт при производстве магния - хлор.



# Производство титана

Концентраты ильменитовых руд содержат более 40% оксидов железа ( $\text{FeO}$  и  $\text{FeTiO}_3$ ). Их отделяют от главного компонента - концентрата титановой руды. В процессе плавки в руднотермических печах окислы железа и титана восстанавливаются, образуются железо которое насыщается углеродом, в следствии этого железо превращается в чугун, а низшие окислы титана переходят в шлак, который содержит 80-90% ( $\text{TiO}_2$ ), 2-5% ( $\text{FeO}$ ) и множество других примесей в общем количестве не превышающие 5%. Титановый шлак хлорируют для образования четыреххлористого титана ( $\text{TiCl}_4$ ), из которого в реакторах восстанавливается титан. Побочный продукт этого процесса - чугун, который используется в металлургическом производстве.



# Производство титана

Твердые частицы восстановленного титана спекаются в пористую массу - титановая губка, остается жидкий ( $MgCl_2$ ) который убирается из реактора. Губка титана пропитана магнием и хлористым магнием, общее количество которого около 35-45%. Титановые губки плавят в вакуумных дуговых печах. Отлитые слитки переплавляют повторно, потому что после первой плавки могут образовываться дефекты, поры, раковины.

Для получения сплавов титана с другими металлами (алюминием, ванадием, марганцем и др.) эти металлы перемешивают в губке, поступающей на первую плавку. Переплавляют два раза, потому что после второго раза происходит полное равномерное распределение примеси в слитке.



# Где применяются сплавы титана

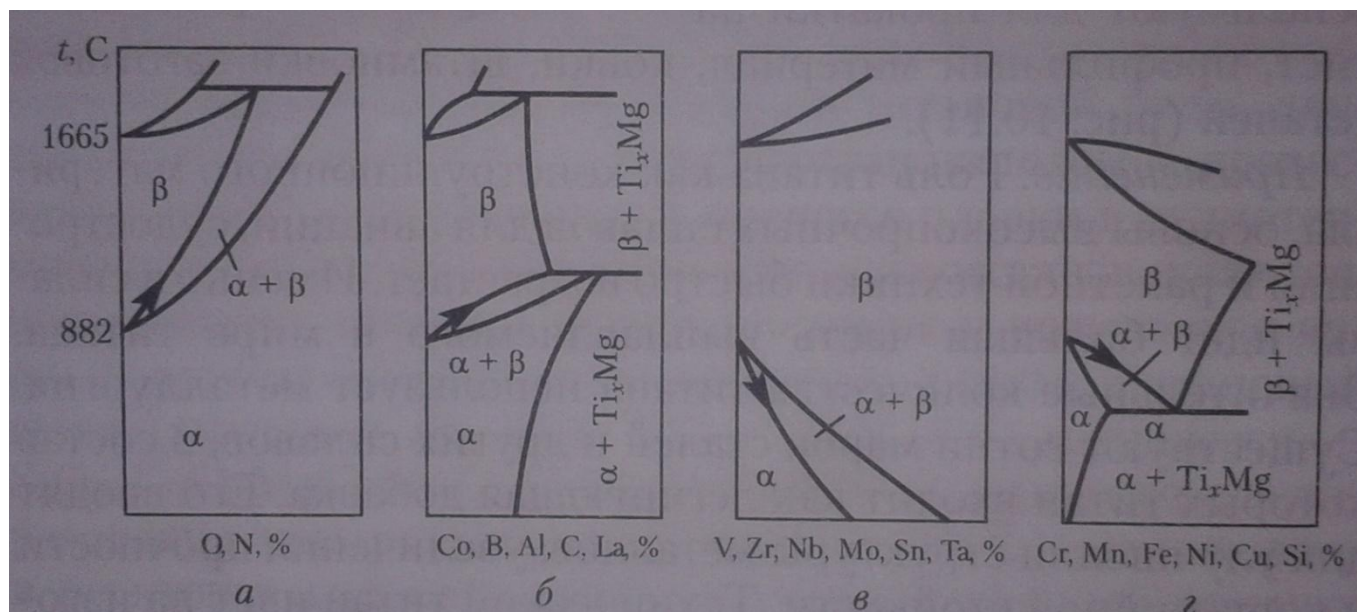
Сплавы титана применяются в химической и бумажной промышленности, в пищевой промышленности (котлы, детали холодильников), в авиа- и турбостроении (компрессоры, лопатки турбин), судостроении (обшивки, гребные винты), электронной и вакуумной технике (газопоглотители, детали приборов), в медицине (инструменты, внутренние протезы). Легирующие элементы, добавляемые в титан, характеризуют по их влиянию на температуру полиморфного превращения.





# Влияние присадок на полиморфную температуру

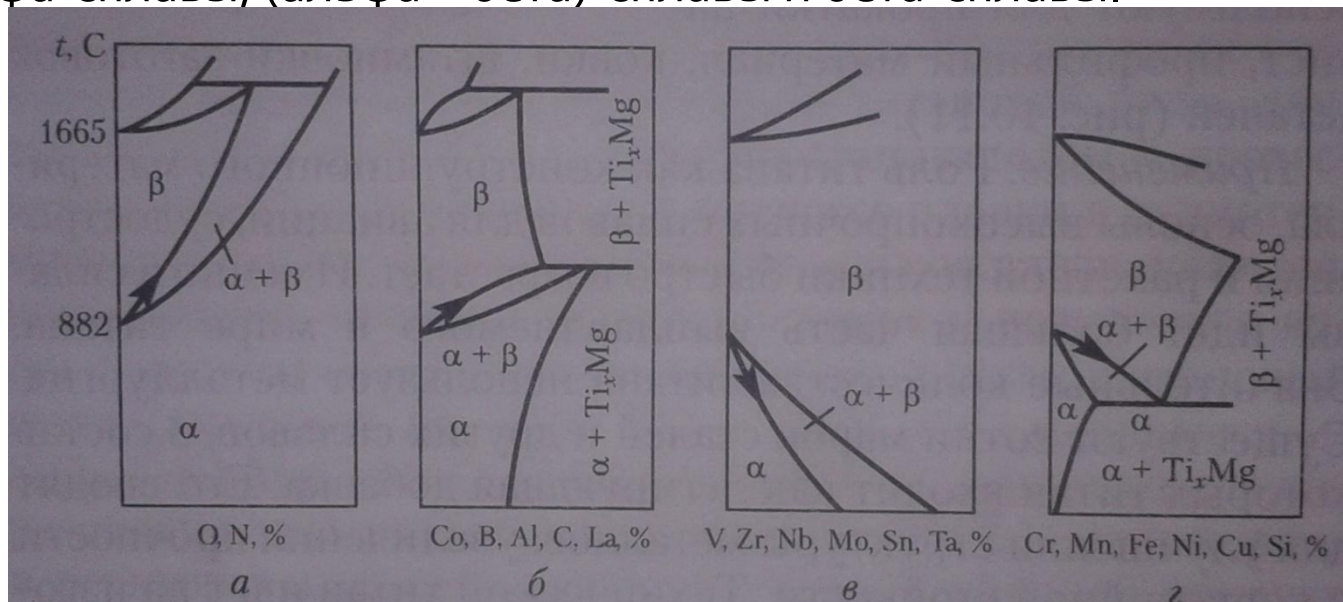
Влияние элементов альфа (а,б) и бета- стабилизаторов (в,г) на положение температуры полиморфного превращения титана.



Альфа-стабилизаторы- Al, O, N, B, C, La- повышающие температуру полиморфного превращения и расширяющие область существования альфа-модификации титана. Некоторые элементы этой группы образуют соединения с титаном (рис а,б).

# Влияние присадок на полиморфную температуру

Бета-стабилизаторы- элементы, понижающие температуру полиморфного превращения и расширяющие область бета-модификации (рис в,г). В эту группу входят элементы, изоморфные бета-модификации и образующие с Ti непрерывный ряд твердых растворов (V, Zr, H, Mo, Sn, Ta) и Cr, Mn, Fe, Ni, Cu, Si, вызывающие эвтектоидный распад В-фазы с образованием титанидов. В зависимости от легирования сплавы титана делятся на альфа-сплавы, (альфа + бета)-сплавы и бета-сплавы.



# Классификация сплавов титана

*По структуре:*

- сплавы с альфа-структурой не упрочняются термообработкой;
- псевдо альфа-сплавы (в составе есть небольшое количество бета-стабилизаторов) упрочняются термообработкой (закалка по мартенситному типу и старение);
- бета-сплавы с повышенным содержанием бета-стабилизаторов имеют структуру бета-твердого раствора; псевдо бета-сплавы имеют в структуре немного альфа-фазы;
- двухфазные (альфа + бета)-сплавы упрочняются закалкой по мартенситному типу и старением (структура зависит от соотношения альфа и бета-стабилизаторов). К двухфазным относятся и альфа-сплавы, из которых после термообработки выделяется интерметаллидная фаза;

# Классификация сплавов титана

*По технологии производства:*

- деформируемые сплавы- используется ОМД-ковка, прессование вытяжкой и т.д; маркируются буквами ВТ и цифрами, показывающими номер сплава (таблица 2);
- литейные сплавы- отличаются хорошей жидко-текучестью, способностью заполнять формы сложной конфигурации. Недостаток- много литейных дефектов (ликвация, усадочные поры и раковины). Маркировка такая же, как и для деформируемых сплавов (тот же состав), но добавляется буква Л (таблица 1).
- порошковые сплавы- для изготовления крупных деталей сложной конфигурации по размерам, близким к чистовым методами порошковой металлургии из элементарных порошков (ЭП), предварительно легированных порошков (ПЛ) или производством с быстрой кристаллизацией (БК). Наиболее распространено производство легированных порошков. Этот метод позволяет при тех же эксплуатационных характеристиках, что и у литого или деформированного металла, добиться снижения до 50% времени и стоимости изготовления деталей.

# Химический состав и свойства литейных сплавов

(Альфа + бета) сплавы (мартенситный класс)

Марка сплава	Содержание элементов, %	$\sigma_{в}$ , МПа	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\delta$ , %	Применение
α-сплавы					
BT5	5% Al	750— 900	660— 850	10—15	Термически неупрочняемые, жаропрочные до 500 °С. Изготавливают поковки, трубы, прокат, детали, работающие с нагревом
BT5-1	5% Al; 2,5% Sn				
Псевдо α-сплавы					
OT4-1	1,5% Al; 1,0% Mn	600— 700	560— 600	15	Упрочняются термической обработкой, жаропрочны, технологичны. Применяют для сварных деталей и узлов в самолетостроении
BT-20	6,0% Al; 2,0% Zr; 1,0% Mn; 1,0% V	950— 1000	900— 950	10	

# Химический состав и свойства литейных сплавов

BT3-1	6% Al; 2,5% Mo; 0,2% Si; 0,5% Fe; 2% Cr	1100— 1200	1050— 1100	12—14	Упрочняются термической обработкой, обладают жаропрочностью, хорошо свариваются. Применяются для деталей газотурбинных двигателей в самолето- и ракетостроении
BT6	6% Al; 4% V		1000— 1050	14—16	
BT14	4,5% Al; 13,9% Mo; 1,0% V	1150— 1400	1080— 1300	6—10	
Псевдо β-сплавы					
BT15	4% Al; 11% Cr; 8% Mo	130— 1500		4—3	Упрочняются термической обработкой, хорошо штампуются. Применение ограничено из-за плохой свариваемости и низких свойств в зоне шва
BT30	11% Mo; 4,5 S; 5,5% Zn	1400— 1500		7—11	

Примечание. Сплавы BT5-1, OT4 и BT8 приведены после отжига, остальные — после закалки и старения.

# Химический состав и свойства литейных сплавов

Марка сплава	Содержание элементов, %	$\sigma_{в}$ , МПа	$\sigma_{0,2}$ , МПа	Применение
ВТЛ1	5% Al; 1% Si	850	5	Данные сплавы применяются для фасонного литья. Они обладают жаропрочностью (до 400 °С), коррозионной стойкостью. Из этих сплавов отливают детали двигателей в самолето- и ракетостроении
ВТ5Л	5% Al	700— 900	6—13	
ВТ14Л	5% Al; 0,5% Cr; 3% Mo; 0,5% Fe	900	5	
ВТ21Л	6,6% Al; 0,3% Cr; 0,7% Mo; 1,2% V; 5% Zr	1000	4	

# Применение нано технологий титана на примере медицины

С 2011 года в России началась разработка прогрессивных технологий производства новых титановых имплантатов, в том числе ультрамелкозернистых, с многофункциональными биоактивными наноструктурированными покрытиями для восстановительной, костнопластической хирургии и стоматологии.

Предприятия специализируются на производстве проката в виде прутков и полос из наноструктурного и субмикроструктурного нелегированного титана марок ВТ1-0, Grade 4 для нужд медицины и технических целей.

ультрамелкозернистый титан в форме прутков



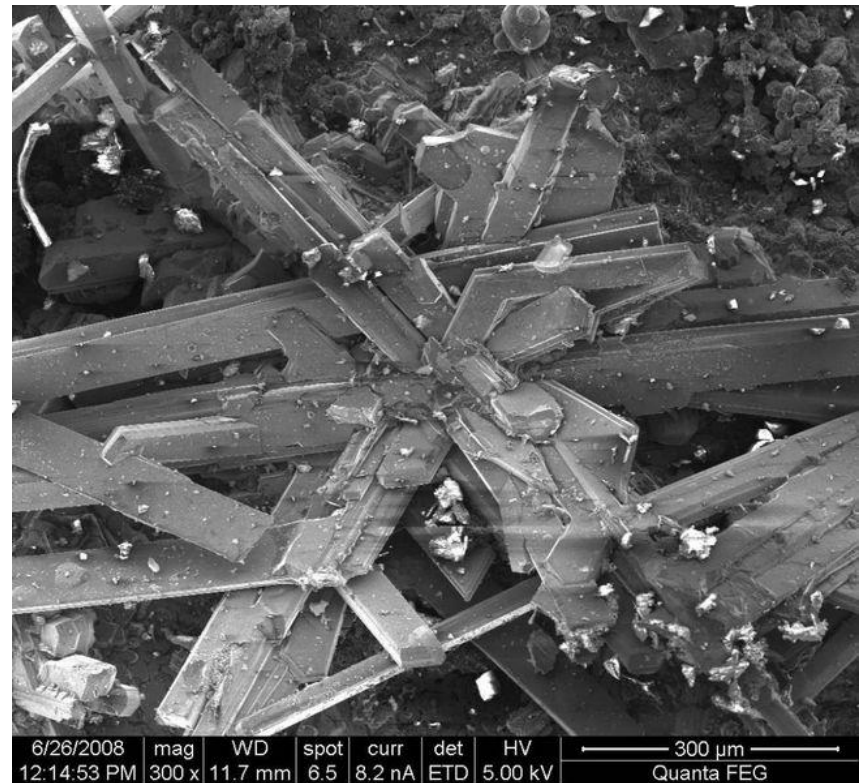


# Применение нанотехнологий титана на примере медицины

Продукция обладает повышенными механическими свойствами и высокой биосовместимостью, поскольку, в отличие от широко применяемых в настоящее время во всем мире легированных титановых сплавов системы Ti-Al-V, не содержит вредных для живого организма легирующих элементов (Al и V), а также характеризуется повышенной коррозионной стойкостью.

Медицинские изделия, производимые из наноструктурного титана, по прочности на сдвиг, кручение и изгиб не уступают соответствующим из легированных сплавов титана, при этом демонстрируют чрезвычайно высокую пластичность, то есть изделия из них обладают высокой надежностью.

микроструктура материала под электронным микроскопом



# Вывод

На сегодняшний день цветные металлы востребованы во всех видах производства и имеют хорошее будущее в нанотехнологии.

