

УрФУ

Кафедра Технологии сварочного производства



Сварочное производство

Сварка цветных металлов

Титан (Ti)

Прочность до 140 кг/мм^2 - в одном ряду с большинством марок легированных сталей

Удельный вес 56% от удельного веса стали

По коррозионной стойкости не уступает платине

Температура плавления $1670-1690^\circ\text{C}$

Удельная теплоемкость $0,142 \text{ кал/г град}$ (нержавеющей стали - $0,11$, алюминия - $0,214 \text{ кал/г град}$).

УрФУ

Кафедра Технологии сварочного производства

ГОСТ 19807 - 91. Титан и сплавы титановые деформируемые. Марки.

ГОСТ 27265 - 87. Проволока сварочная из титана и титановых сплавов. Технические условия.

Листы, прутки, плиты и т.д.: **ГОСТ 22176-76, ГОСТ 22178-76, ГОСТ 23755-79, ОСТ 1 90107-73...**

Лёгкость, высокая прочность в интервале температур от криогенных (-250°С) до умеренно высоких (300— 600 °С) и отличная коррозионная стойкость.

Применяется в качестве конструкционных материалов во многих областях, в частности в авиации и других отраслях транспортного машиностроения



Недостаток титановых сплавов - низкие антифрикционные свойства; это требует применения покрытий и смазок трущихся поверхностей



Сварка титана и его сплавов

Химический состав промышленных титановых сплавов СССР

Тип сплава	Марка сплава	Химический состав, % (остальное Ti)						
		Al	V	Mo	Mn	Cr	Si	другие элементы
α	BT5	4,3—6,2	—	—	—	—	—	—
	BT5-1	4,5—6,0	—	—	—	—	—	2—3 Sn
Псевдо- α	OT4-0	0,2—1,4	—	—	0,2—1,3	—	—	—
	OT4-1 OT4	1,0—2,5	—	—	0,7—2,0	—	—	—
	BT20 BT18	3,5—5,0	—	—	0,8—2,0	—	—	—
		6,0—7,5	0,8—1,8	0,5—2,0	—	—	—	1,5—2,5 Zr
		7,2—8,2	—	0,2—1,0	—	—	0,18—0,5	0,5—1,5 Nb 10—12 Zr
α + β	BT6C	5,0—6,5	3,5—4,5	—	—	—	—	—
	BT6	5,5—7,0	4,2—6,0	—	—	—	—	—
	BT8	6,0—7,3	—	2,8—3,8	—	—	0,20—0,40	—
	BT9	5,8—7,0	—	2,8—3,8	—	—	0,20—0,36	0,8—2,5 Zr
	BT3-1	5,5—7,0	0,9—1,9	2,0—3,0	—	1,0—2,5	0,15—0,40	0,2—0,7 Fe
	BT14 BT16	4,5—6,3	4,0—5,0	2,5—3,8	—	—	—	—
	BT22	1,6—3,0	4,0—5,5	4,5—5,5	—	0,5—2,0	—	—
		4,0—5,7	—	4,5—5,0	—	—	—	0,5—1,5 Fe
β	BT15	2,3—3,6	—	6,8—8,0	—	9,5—11,0	—	1,0 Zr

В стадии промышленной разработки находятся высоколегированные сплавы Ti - Ni, представляющие собой по составу практически чистое химическое соединение никелид титана.

Сплавы такого типа, получившие название **"НИТИНОЛ"**, обладают способностью при определённых условиях восстанавливать свою первоначальную форму после некоторой пластической деформации ("эффект памяти"), что используется, например, в автоматическом реле противопожарных устройств и т. п.

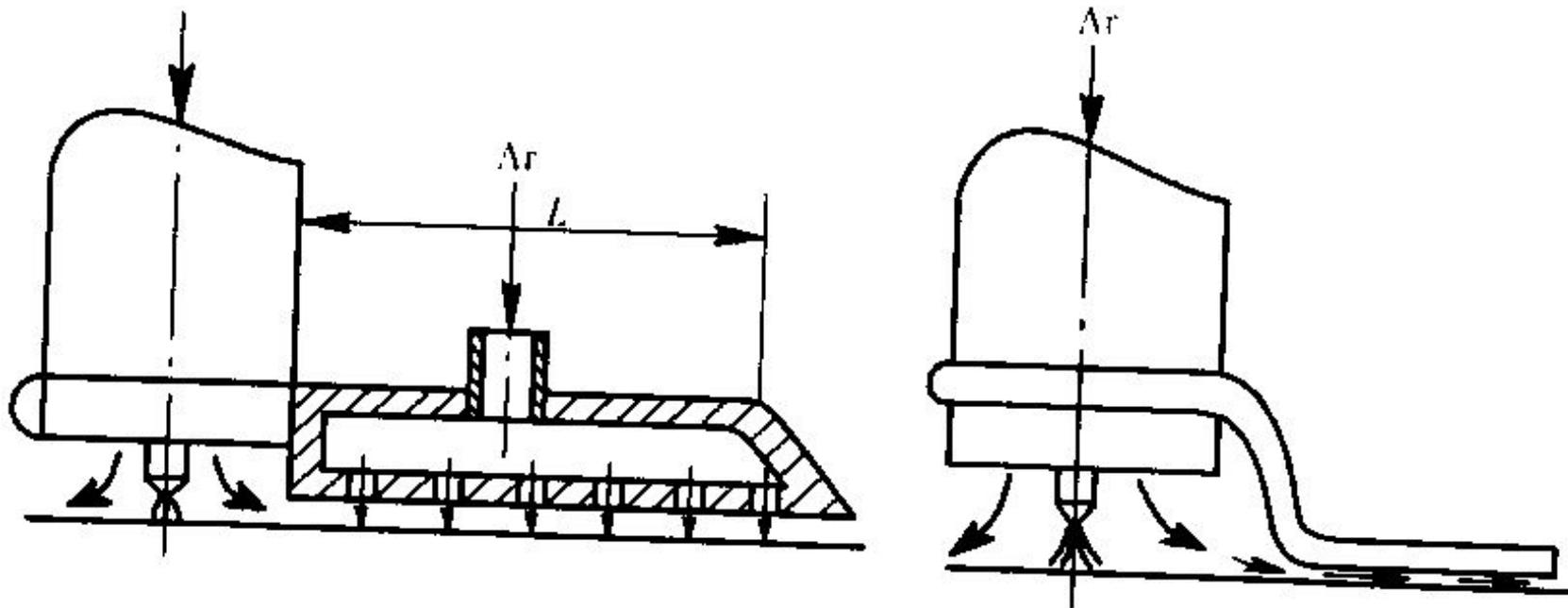
УрФУ

Кафедра Технологии сварочного производства

Основная трудность при сварке - большое сродство к кислороду, азоту и водороду при высокой температуре

Требуется защита сварочной ванны и всей зоны, нагретой выше 500С.

Для этого делают удлиненные насадки с отверстиями и защитные козырьки. Обратную сторону шва защищают медной или стальной подкладкой, которая плотно прижимается к шву.



Сварка титана и его сплавов

Подготовка кромок и сварочной проволоки - травление в растворе соляной (HCl) и плавиковой (HF) кислот. Допускается механическая зачистка с последующим обезжириванием.

Оксидная пленка, образующаяся после горячей обработки, должна быть удалена механическим путем.

После этого - травление в смеси солей с кислотами (50 г NaF + 350 мл HCl + 650 мл воды) при 60°C (5-10 мин)

УрФУ

Кафедра Технологии сварочного производства

Выполняют сварку в защитных газах неплавящимся и плавящимся (из титановой проволоки) электродом

Сварка без колебательных движений горелки, короткой дугой углом вперед. Угол между электродом и присадкой около 90° , подачу присадочной проволоки осуществляют непрерывно

При ручной дуговой сварке титана вольфрамовым электродом диаметром 1,5-2 мм и присадочной проволокой диаметром 2 мм сварочный ток 90-100 А для металла толщиной 2 мм.

При толщине 4 мм — величина тока 120-140 А.



После окончания сварки или обрыва дуги аргон должен подаваться, пока металл не остынет до $\sim 400^\circ\text{C}$.

Сварка титана и его сплавов

Применяют дополнительную защиту флюсом.

Используют фторидно-хлоридные флюсы (например, АН-Т). Высота слоя флюса - не менее вылета электрода. Шлаковую корку удаляют после охлаждения до 300°C.

Предложен флюс для сварки титана и его сплавов в защитных газах

- хлористый марганец $MnCl_2$ - 22-28 мас.%
- хлористый алюминий $AlCl_3$ - 32-38%;
- хлористый магний $MgCl_2$ - 12-20%;
- хлористый кальций $CaCl_2$ - 24-33%

Флюс применяют в виде раствора галогенидов в спирте без осадка. Флюсы получают растворением 1 части сухого флюса в 4 частях спирта.

СВАРНЫЕ ТИТАНОВЫЕ ТРУБЫ

Сварные круглые прямошовные трубы изготавливаются из плоского проката (штрипса) на трубозлектросварочных линиях фирмы "Опперман" методом автоматической дуговой сварки вольфрамовым электродом в среде инертного газа (аргона) с термообработкой в линии стана



Соответствует требованиям
ASTM B338, ASME SB338,
ASTM A249/A249M,
TU1825-489-C7510017-98

Материал труб:
титановые и нержавеющие сплавы.
Диаметр труб от 12 до 38 мм
с толщиной стенки от 0.5 до 1.5 мм
в зависимости от диаметра трубы.

ГАРАНТИРУЕМЫЕ МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

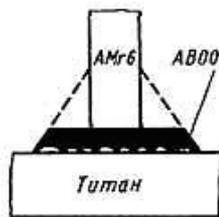
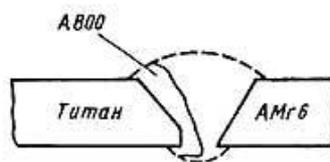
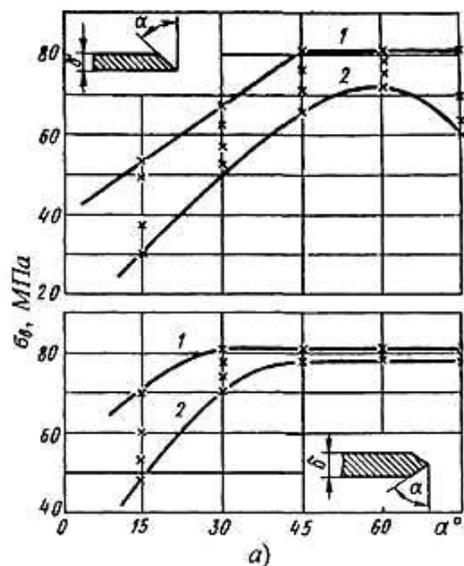
		Временное сопротивление разрыву МПа, не менее	Относительное удлинение %, не менее
Ti	Gr 1	240	22
	Gr 2	345	20
	Вт1-00	249	25
	Вт1-0	392	20
нержавеющая сталь	TP 304	515	35
	TP 304H	515	35



Сварка алюминиевого сплава с титаном ОТ4.

Обычно применяют аргонодуговую сварку вольфрамовым электродом, перед которой кромки титана очищают от α -слоя и загрязнений и алитируют в чистом алюминии при температуре алюминия 800 - 830°C в течение 1 - 3 мин. В этом случае период образования соединения между алюминием и титаном меньше, и хрупкие интерметаллиды по линии соединения не успевают образоваться

Кромки предварительно разделяют. До сварки на алитированные кромки наплавляют слой чистого алюминия (5 - 8 мм) с использованием проволоки марки АВ00 диаметром 5 - 8 мм. Соединение сваривают обычным методом, как алюминиевый сплав. Предел прочности сварного соединения сплавов ОТ4 + АМг6 зависит от слоя алюминия и составляет 110 - 270 МПа, угол изгиба 17 - 30°



б)

Алитирование, алюминирование (от нем. *alitiren*, от Al — алюминий) — насыщение (покрытие) поверхности стальных деталей алюминием для защиты от окисления при высоких температурах (700—900°C и выше) и сопротивления атмосферной коррозии. Один из методов упрочнения машин

Алитирование проводят в порошкообразных смесях (50% Al или ферроалюминия, 49% Al₂O₃ и 1% NH₄Cl или 99% ферроалюминия и 1% NH₄Cl). При 1000°C и выдержке в течение 8 ч образуется слой в 0,4—0,5 мм, насыщенный алюминием.

Алитирование выполняется также:

металлизацией (на поверхность детали наносят слой алюминиевого порошка и после изоляционной обмазки деталь подвергают диффузионному отжигу);

покраской деталей алюминиевой краской (с последующим диффузионным отжигом в защитной атмосфере);

в расплаве алюминия (с 6—8% железа) при 700—800°C с последующей выдержкой и др. методами.

Концентрация алюминия в поверхностной части слоя составляет ~ 30%. Толщина слоя 200-1000 мкм. Твердость алитированного слоя (на поверхности) до 500 HV, износостойкость низкая.

Более доступен метод алитирования с помощью газотермического напыления

Алитированный слой обладает также хорошим сопротивлением коррозии в атмосфере и морской воде.

Сварка титана с медью и ее сплавами

Сварка затруднена большим различием свойств и образованием хрупких интерметаллидов.

Наиболее успешна сварка плавлением при использовании промежуточных вставок из специально выплавленных сплавов титана, легированных молибденом или ниобием, которые понижают температуру превращения α - β и обеспечивают получение однородного титанового сплава со стабильной структурой, не очень отличающейся от структуры меди. Можно использовать комбинированные вставки из сплавов Ti + 30 % Nb и сплавов BT15).

Эти сплавы при сварке с медью МЗ обеспечивают предел прочности соединения 220 - 225 МПа и угол изгиба 140 - 180°, а при сварке с бронзой 260 - 280 МПа и угол изгиба 100 - 160°. В прослойке по линии соединения твердость достигает 4700 - 4800 НV при твердости бронзы БрХ0,8 1200 НV

Сварка стали с титаном.

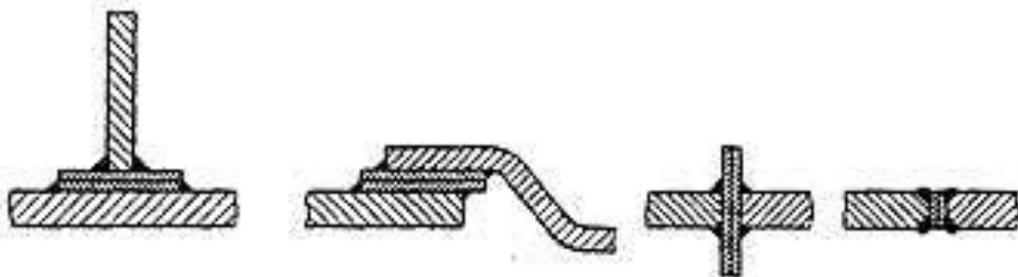
Одной из основных задач при сварке титана со сталями является выбор таких сварочных материалов, методов и режимов сварки, при которых предотвращалось бы или резко подавлялось образование хрупких интерметаллических фаз $FeTi$ и Fe_2Ti .

Непосредственная сварка титана со сталью не дает положительных результатов.

Практическое применение находит сварка в аргоне вольфрамовым электродом и сварка через промежуточные вставки. Хорошие результаты получены при использовании комбинированной вставки, состоящей из технического тантала ($\sigma_B = 700$ МПа) и термообрабатываемой бронзы БрБ2.

Бронза сваривается с углеродистой или аустенитной сталью аргонодуговой сваркой, а тантал с титаном - в камерах с контролируемой атмосферой. Предел прочности соединения по бронзе 490 МПа, при закалке бронзы 605 МПа (закалка до сварки).

Комбинированные вставки из бронзы БрБ2 и ниобия используют для аргонодуговой сварки вольфрамовым электродом в камере с контролируемой атмосферой титана ОТ4-1 толщиной 0,8 и 2 мм. Прочность соединения при толщине 0,8 мм $\sigma_B = 530 \dots 660$ МПа, угол изгиба $72 - 180^\circ$ при толщине 2 мм $\sigma_B = 400 - 450$ МПа, угол изгиба $41 - 61^\circ$



Основная трудность при сварке **алюминия и его сплавов (АМг1...АМг6)** - наличие на поверхности тугоплавкой оксидной пленки (2050°C), препятствующей сплавлению основного и присадочного металлов.

Способы удаления оксидной пленки:

- Механический (до сварки)
- химический (до сварки - травление в растворе КОН, при сварке - применение флюсов, содержащих фтористые и хлористые соли)
- электрический (сварка переменным током или катодное распыление при сварке на обратной полярности)

Сварку следует выполнять не позже, чем через 2 часа после механической очистки и 8 часов после химической.

После сварки требуется тщательное удаление (смывание горячей водой) остатков флюса с поверхности изделия во избежание коррозии металла.

Следует иметь в виду, что при нагреве до 400-500°C прочность алюминия резко падает и изделие может разрушиться даже под тяжестью собственного веса

Применяемые способы сварки:

- ❑ **Аргонодуговая сварка неплавящимся электродом** выполняется на специальных установках типа УДГУ-301, УДГ-501, ИСВУ-315, АДСВ-6. Сварка выполняется переменным током или постоянным только обратной полярности с обязательным применением осциллятора. Необходимо поддерживать минимальную длину дуги (до 2 мм).
- ❑ **Автоматическая и полуавтоматическая сварка плавящимся электродом в аргоне.** Электрод того же состава, что и свариваемый металл
- ❑ **Сварка плавящимся электродом по флюсу**, тонкого слоя которого достаточно, чтобы защитить сварочную ванну и удалить оксидную пленку. Применяемый флюс АН-А1 электропроводен и шунтирует дугу при ее погружении в шлак
- ❑ **Газовая сварка**

ГОСТ 1583-93. Сплавы алюминиевые литейные. Технические условия

Силумины (Al-Si-Zn: АК-19, АК-9, АК7Ц9) перед сваркой подогревают до 200-250°C, а после сварки выполняют отжиг при температуре 300-350°C с последующим медленным охлаждением. Сварные швы проковывают легкими ударами в холодном состоянии

Дуралюмины (Al-Zn-Mg-Cu-Mn: Д16, Д20, В95) при сварке сильно разупрочняются, однако при соответствующей термообработке можно довести прочность шва до 80% прочности основного металла. Применяют длительный гомогенизирующий отжиг при 460°C (до 24 часов) с последующей проковкой, старение.

После отжига (нагрева до температуры около 500 °C и охлаждения) становится мягким и гибким (как алюминий). После старения (естественного — при 20 °C — несколько суток, искусственного — при повышенной температуре — несколько часов) становится твёрдым и жёстким.