

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
Тульский государственный университет
(ИВТС им. В.П. Грязева)
Кафедра Электротехники и Электрооборудования

По дисциплине
«Основы электротехнологии»

Реферат на тему:
«Получение титана в электрических печах»

Разработал ст. группы №: Б161292. _____ Логвинов Н.Е.
подпись

Руководитель _____ Климов С.А.
подпись

Тула 2022 г.

Содержание

Введение.....	3
Печи для плавки титановых сплавов.....	4
Получение компактного титана.....	7
Технология плавки по способу нерасходуемого электрода.....	11
Технология плавки по способу расходуемого электрода	12
Электродуговая плавка титана в охлаждаемом медном тигле.....	15
Список литературы.....	22

Введение

Титан как элемент открыт в 1791 г. Его промышленное производство началось в 50-х годах XX века и получило быстрое развитие. Титановые сплавы имеют наиболее высокую удельную прочность среди всех металлических материалов, а также высокую жаропрочность и коррозионную стойкость и находят все более широкое применение в авиационной технике, химическом машиностроении и других областях техники. Титан используют для легирования сталей. Двуокись титана используют для производства титановых белил и эмалей; карбид титана — для особо твердых инструментальных сплавов.

Титан по распространению в природе занимает четвертое место среди металлов и входит в состав более чем 70 минералов. К основным промышленным титаносодержащим минералам относятся рутил и ильменит. Ильменит входит в состав титаномагнетитов — его смеси с магнитным железняком.

Печи для плавки титановых сплавов

Четыреххлористый титан отделяется и очищается от остальных хлоридов благодаря различию температуры кипения этих хлоридов методом ректификации в специальных установках.

Титан из четыреххлористого титана восстанавливают в реакторах при температуре 950 ... 1000 °С. В реактор загружают чушковый магний; после откачки воздуха и заполнения полости реактора аргоном внутрь его подают парообразный четыреххлористый титан.

Производство титана является технически сложным процессом. Двуокись титана — химически прочное соединение. Металлический титан ($t_{пл} = 1725$ °С), обладает большой активностью. Он бурно реагирует с азотом при температуре 500—600 °С и кислородом воздуха при 1200—1300 °С, поглощает водород, взаимодействует с углеродом и т. д. Наиболее широкое распространение получил магниетермический способ, осуществляемый по следующей технологической схеме: титановая руда обогащение плавка на титановый шлак получение четыреххлористого титана восстановление титана магнием.

Обогащение титановых руд.

Плавку на титановый шлак проводят в электродуговой печи. Шихтой служат прессованные брикеты, состоящие из мелкоизмельченного концентрата, антрацита или угля и связующего (сульфитный щелок). В результате плавки получают богатый титановый шлак. Побочным продуктом является чугун. Измельченный шлак подвергают магнитной сепарации (для удаления железосодержащих частиц), смешивают с мелким нефтяным коксом и связующим и спрессовывают в брикеты. После обжига при 700—800 °С брикеты направляют на хлорирование.

Получение четыреххлористого титана в герметизированных электрических печах представлено на рис 1.

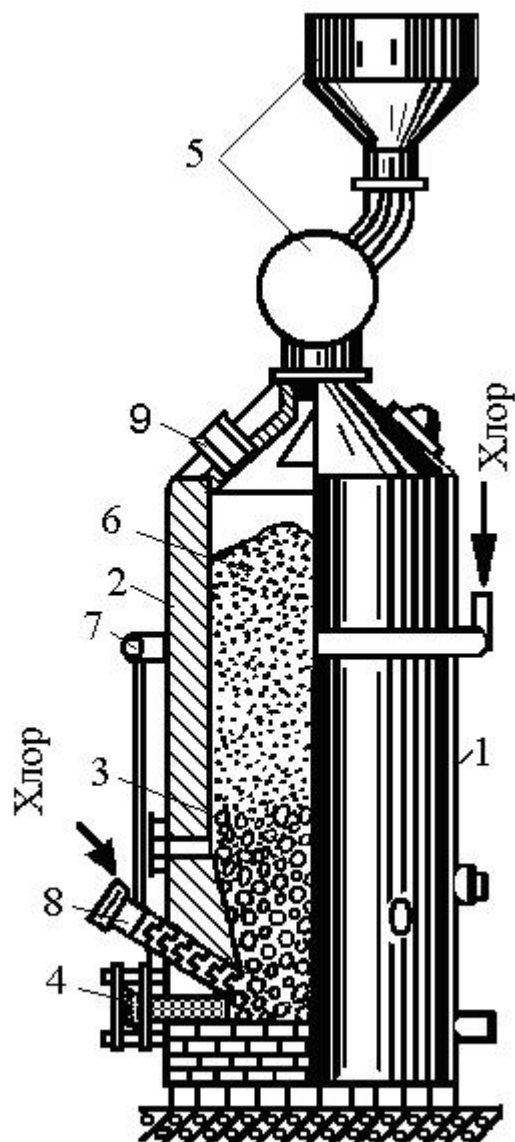


Рис 1. Схема электропечи для получения четыреххлористого титана:

1— корпус печи; 2 — шамотная футеровка; 3 — угольная (графитная) набойка—электрическое сопротивление; 4 — токоподводящие графитовые электроды; 5 —устройство для загрузки брикетированной шихты; 6— брикетированная шихта; 7, 8 — патрубки для подачи хлора; 9 — отверстие для удаления парогазовой смеси

Нижнюю часть печи заполняют угольной (графитовой) насадкой, которая служит электрическим сопротивлением и нагревается при пропускании электрического тока. В реакционной зоне печи выше уровня угольной насадки развивается температура 800...850 °С. Пары четыреххлористого титана находятся в паро-газовой смеси, содержащий другие хлориды; CO, Cl₂ и другие газы.

Ее очищают от твердых частиц и охлаждают в конденсаторах, в результате чего получают жидкий четыреххлористый титан. Для более полной очистки от твердых частиц конденсат отстаивают и фильтруют.

Четыреххлористый титан отделяют от других хлоридов путем ректификации конденсата, основанной на различии температур кипения различных хлоридов. Жидкий четыреххлористый титан направляют на восстановление.

В настоящее время для получения четыреххлористого титана начинают применять другие способы хлорирования: в хлораторах непрерывного действия, в солевом расплаве; перспективным является хлорирование в кипящем слое.

Получение компактного титана

Высокая температура плавления титана в сочетании с высокой химической активностью не позволяют плавить титан в обычных металлургических печах. Чтобы титан не стал хрупким в результате загрязнения газами и другими примесями, плавку и литье проводят в вакууме, что способствует испарению примесей из губки, или в атмосфере инертного газа высокой чистоты, а также не допускают соприкосновения металла с огнеупорными материалами.

Применяют несколько методов плавки титана, предотвращающих его загрязнение:

- 1) вакуумная дуговая плавка - самая распространённая технология;
- 2) плавка в печи с гарниссажем – новая уникальная технология, не имеющая аналогов в мире, позволяет получать однородные по структуре рафинированные слитки титана;
- 3) плазменно-дуговая плавка - позволяет переплавить любые измельчённые отходы губки. Источником тепла служит поток ионизированного газа (плазмы), подаваемого специальными устройствами - плазмотронами.

Титан и его сплавы получают методом плавки в дуговых вакуумных печах двух видов: с нерасходуемым (графитовым) электродом (рис. 2) и с расходуемым (титановым) электродом (рис. 3). Высокий вакуум надёжно защищает металл от загрязнения газовыми примесями. Плавление титановой губки происходит под действием тепла от электрической дуги, которая горит между электродом и поверхностью жидкого титана. Используют постоянный ток силой до 40 кА при напряжении 30-80 В; отрицательный полюс - электрод, положительный - выплавляемый слиток.

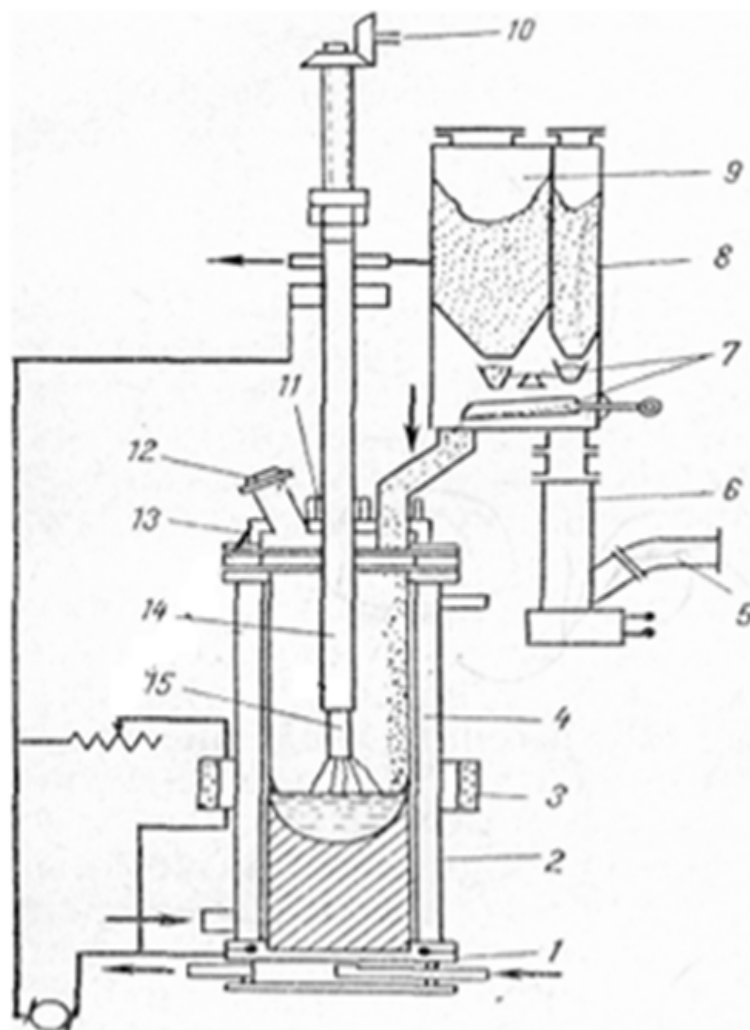


Рисунок 2 - Вакуумно-дуговая печь с нерасходуемым электродом

1 — поддон; 2 — корпус; 3 — соленоид; 4 — изложница; 5 — патрубок к вакуум-насосу; 6 — бустерный насос; 7 — дозаторы; 8 — бункер для легирующих материалов; 9 — бункер для губки; 10 — подающий механизм; 11 - подвижное уплотнение; 12 — смотровое окно; 13 — крышка; 14 — электрододержатель; 15 — графитовый электрод.

Изложницы внутренним диаметром до 370 мм изготавливают из пресованных толстостенных медных труб, а диаметром 450—1000 мм — из толстолистовой хромистой меди методом электродуговой сварки под флюсом. В качестве источников питания используют полупроводниковые выпрямители серии АВП на 12500—50000 А при напряжении 75 В. Для откачки вакуумных печей применяют механические и паромасляные насосы. Обычно плавку ведут при давлении 1,33 Па. При этом не возникает тлеющего разряда или пространственно неустойчивой дуги. Ниже приведены характеристики трех типов печей ДТВ.

	ДТВ-4,5-Г6	ДТВ-8,7-Г10	ДТВ-14-Г16
Диаметр кристаллизатора, мм	360; 450; 560; 650	670; 770; 870; 1000	870; 1000; 1120; 1400
Максимальная длина расходуемого электрода, мм	5450	5600	5300
Масса слитка, т	5,5	10,3	26,5
Длина слитка, мм	4000	4000	4000
Номинальный ток, кА	25	37,5	50
Напряжение, В	75	75	75
Мощность вспомогательного оборудования, кВт	35	35	70
Расход охлаждающей воды, не более, м ³ /ч	70	80	120
Общая масса печи, т	118	120	200
Габариты (в плане), мм:			
длина	7 335	7 335	9 000
ширина	5 410	5 410	6 000
Высота печи, мм:			
общая	20 940	20 940	21 400
заглубление	7 800	7 800	7 900
Максимальный ход, мм:			
штока электрододержателя	3 000	3 000	3 320
кристаллизатора	3 200	3 200	2 400
Высота вакуумной камеры, мм	2 300	2 300	2 400

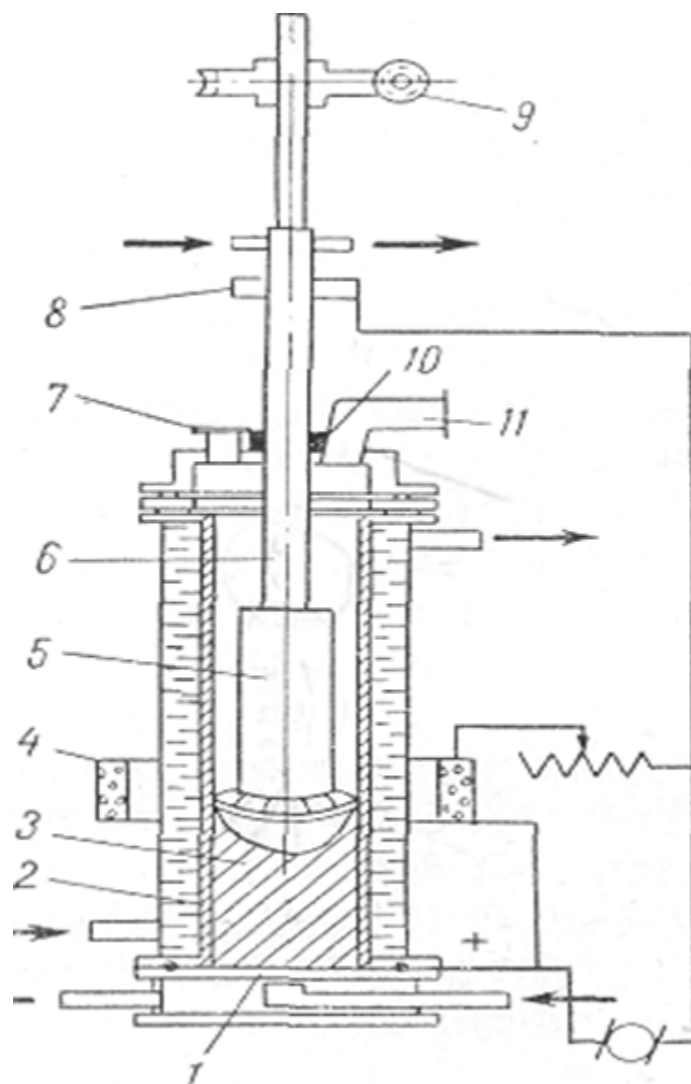


Рисунок 3. Вакуумно-дуговая печь с расходуемым электродом

1 — поддон; 2 — изложница; 3 — слиток; 4 — соленоид; 5 — расходуемый электрод; 6 — электрододержатель; 7 — смотровое окно; 8 — токоподводящий контакт; 9 — подающий механизм; 10 — подвижное уплотнение; 11 — патрубок к насосу

Все электродуговые вакуумные печи для плавки титана имеют общие основные узлы.

Корпус печи изготавливают из коррозионностойкой стали и соединяют с вакуумной системой.

Изложница - кристаллизатор самая важная часть печи, представляет собой медный цилиндр. В изложнице происходит горение дуги, плавление губки и кристаллизация слитка. При работе печи в кольцевой зазор между кристаллизатором и корпусом под давлением подается вода для охлаждения

кристаллизатора. Высокая теплопроводность меди обеспечивает длительную работу кристаллизатора при воздействии жидкого металла и излучения дуги.

На корпус наматывается *соленоид*, который создаёт внутри кристаллизатора продольное магнитное поле. Взаимодействуя с электрической дугой, магнитное поле стабилизирует горение дуги и вращает жидкий металл. Изменяя ток на соленоиде, можно «сжимать» или «развертывать» дугу, усиливать или уменьшать перемешивание расплава.

Поддон закрывает кристаллизатор снизу и в начальный период плавки испытывает большие тепловые нагрузки. Поддон изготавливают из меди и также охлаждают водой, подаваемой под давлением.

Электрододержатель - предназначен для подачи напряжения и вертикального перемещения электрода.

Крышку и электрододержатель делают из стали. В крышке расположено смотровое окно, через которое при помощи перископа ведут визуальное наблюдение за ходом плавки.

Газоотводная система состоит из вакуумных насосов высокой производительности, вакуумпроводов, запорной арматуры и приборов контроля.

Технология плавки по способу нерасходуемого электрода (рис. 2):

На поддон кладут темплет (диск из того же сплава, который будут получать) для защиты поддона от прямого воздействия дуги. Титановую губку засыпают в бункер 9, а легирующие компоненты в бункер 8. Дозаторами 7 выдерживается заданное соотношение между титаном и добавками, компоненты непрерывно подают в изложницу 4. Графитовый электрод перемещают вниз до возникновения дугового разряда с темплетом. По мере плавления металла электрод и соленоид поднимают, образуется ванна жидкого металла, слиток постепенно нарастает вверх, а нижняя часть застывает. Таким образом, одновременно идут плавление и кристаллизация слитка.

При плавке из губки вначале испаряются вода и газы, затем магний и хлористый магний, которые конденсируются на медной стенке над расплавом и на электроде. Часть солей, перегреваясь, прорывается через расплав и разбрызгивается на стенке изложницы. Полученный слиток имеет плохо проплавленную шероховатую поверхность и неравномерный химический состав, а применение графита загрязняет металл углеродом. Плавка с нерасходуемым электродом сейчас применяется редко, только для получения некоторых сплавов.

Технология плавки по способу расходуемого электрода (рис. 3):

Это основной способ производства слитков титана высокой чистоты и титановых сплавов. Расходуемым (переплавляемым) электродом служит слиток первичной плавки или прессованный электрод из измельчённой губки. Для изготовления титановых сплавов используют шихту из губки и легирующих элементов в соответствии с заданным химическим составом сплава.

В печи нижняя часть прессованного электрода разогревается дугой до температуры, превышающей температуру плавления титана и на нём образуются капли жидкого металла. Когда масса превысит силы поверхностного натяжения, капля падает на поддон, и слиток постепенно нарастает за счет плавления расходуемого электрода. Важнейшее условие при плавке - её непрерывность. Перерыв в плавке приводит к образованию в слитке усадочных пустот, газовых и усадочных пор, а иногда и тончайших трещин. Для выявления дефектов слитки подвергают ультразвуковому контролю. При обнаружении крупных пор дефектную часть слитка отрезают. Если дефект залегает в середине слитка, его подвергают еще одному переплаву.

Большие объемы однородного расплава для отливки фасонных изделий получают в дуговых гарниссажных печах с расходуемым электродом. Отличительной особенностью этих печей является то, что плавление металла осуществляется не в кристаллизаторе, а в графитовом или металлическом охлаждаемом тигле, на внутренней поверхности которого наморожен слой переплавляемого металла (гарниссаж). Наличие гарниссажа позволяет предотвратить загрязнение расплавов материалом тигля (графитом или медью). Принципиальное устройство таких печей показано на рис. 4. Наиболее распространенными являются печи ОКБ (ДТВГ), технические характеристики которых приведены ниже:

	ДТВГ-0,06ПЦ (ОКБ-916)	ДТВГ-0,16ПФ (ОКБ-930)	ДТВГ-0,6ПЦ	ДТВГ-1,0ПЦ (ОКБ-1024)
Емкость плавильной ванны, кг	60	160	6000	1 000
Диаметр тигля (без гарниссажа), мм	442	444	880	1 000
Глубина тигля (без гарниссажа), мм	395	470	950	885
Сила тока, кА	14	14	37,5	37,5
Максимальные размеры электрода, мм:				
длина	500	500	1200	1 000
диаметр	300	300	620	770
Число установленных электродов	5	5	2	1
Скорость вращения формы, об/мин	150—800	—	до 250	200—400
Наибольшие размеры формы, мм:				
диаметр	800	800	1800	2 200
высота	500	500	1600	1 800
Емкость бункера, л	600	600	—	650
Скорость плавки, кг/мин	6—8	6—8	15—20	15—20
Длительность цикла, ч	2—2,5	5,5	7	9
Расход охлаждающей воды, м ³ /ч	38	38	54	54
Общая высота печи, мм	5720	5 845	5800	6 000
Заглубление, мм	2000	2 000	1980	2 700
Ширина печи, мм	3250	5 775	7600	5 100
Длина печи (в плане), мм	7800	10 000	8600	15 000

Плавку в печах ОКБ ведут в графитовых тиглях, которые охлаждают с помощью водоохлаждаемых рубашек. Расходуемым электродом служит слиток сплава первого переплава, изготовленный в вакуумно-дуговой печи из прессованного электрода.

Плавку начинают с установки тигля и электрода в печь. Затем печь герметизируют и вакуумируют до остаточного давления 1,33 Па. Расходуемый электрод приваривают к электрододержателю и на пониженном электрическом режиме прогревают тигель и электрод. Затем наплавляют необходимый объем металла и перегревают его до заданной температуры посредством изменения подаваемой на электрод мощности. Средняя стойкость графитовых тиглей 30—40 плавков.

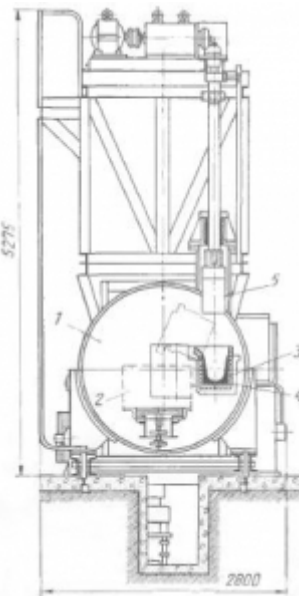


Рис 4. Дуговая гарниссажная печь с расходуемым электродом

Плавка металла в электронно-лучевых печах (рис. 5) осуществляется за счет тепловой энергии, выделяющейся при резком торможении электронов, разогнанных до больших скоростей, при встрече с кусками шихты. Источником электронов служит электронная пушка с катодом из вольфрама или тантала, нагретого до температуры 2000—2500 °С в вакууме. С помощью

фокусирующих и отклоняющих устройств поток электронов, излучаемых электронной пушкой, сосредоточивается в нужном направлении и месте. Во время движения часть энергии электронов расходуется на ионизацию молекул газа. Поэтому одним из условий эффективной работы электронно-лучевых установок является создание глубокого разрежения в них. Обычно плавку ведут при остаточном давлении 0,013 Па. Возможность регулировать поток электронов позволяет нагревать расплав до необходимой температуры и сохранять эту температуру сколько нужно. Это в значительной мере упрощает задачу изготовления тонкостенных отливок.

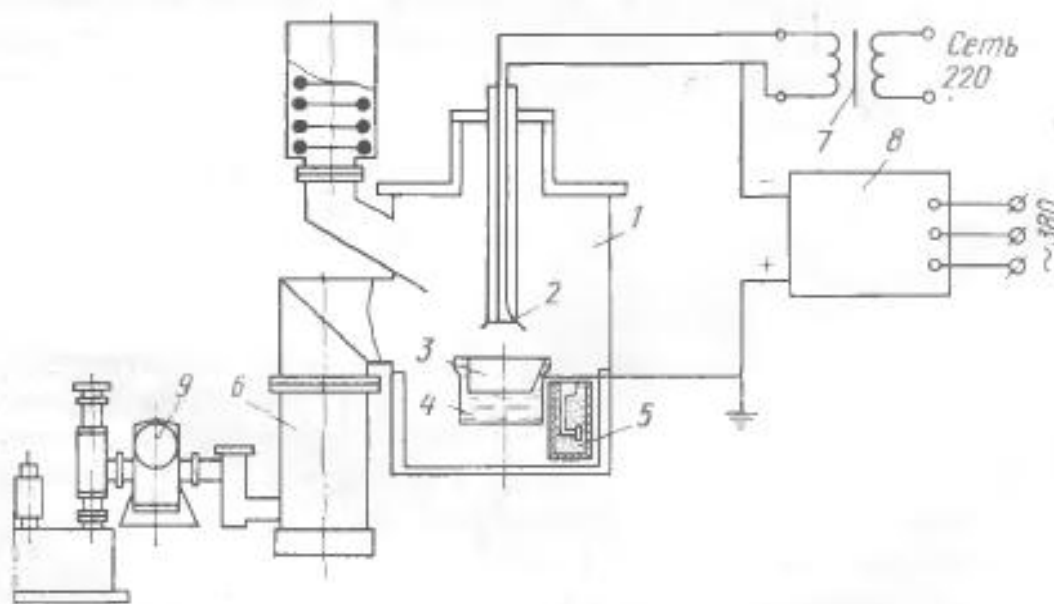


Рис 5. Схема электронно-лучевой плавильной печи:

- 1 — вакуумная камера; 2 — электронная пушка; 3 — металл; 4 — тигель;
 5 — форма; 6 — диффузионный вакуумный насос; 7 — трансформатор;
 8 — источник питания; 9 — вакуумный насос

Электронно-лучевые печи широко применяют для плавки тугоплавких металлов (вольфрама, молибдена, тантала, ниобия) и их сплавов. Достоинствами этих печей являются возможность получения очень высоких температур за счет высокой концентрации энергии и хорошая управляемость мощностью и ее распределением. Вместе с тем этим печам свойственны недостатки: необходимость работы в глубоком вакууме ($<133 \cdot 10^{-4}$ Па) и интенсивное испарение легколетучих компонентов, затрудняющее получение сплавов заданного состава и нарушающее режим работы электронной пушки. Нагрев и плавление металла в плазменных печах осуществляются факелом ионизированного инертного газа (плазмы), нагретого до 10000—30000 °С в дуговых или индукционных плазмотронах. Плазменно-дуговые печи применяются для плавки титана значительно реже, чем электронно-лучевые. Достоинствами их являются высокая стойкость плазмотронов, возможность получения высоких температур, высокая концентрация энергии. Необходимость использования инертных газов (аргона

и гелия) в качестве плазмообразующих существенно удорожает процесс плавки. Более того, при плазменной плавке не происходит дегазация титана и его сплавов. Эти обстоятельства накладывают определенные ограничения на сферу использования этих печей.

Электродуговая плавка титана в охлаждаемом медном тигле

Электродуговая плавка в охлаждаемом медном тигле осуществляется в нескольких вариантах. По одному из них плавка осуществляется путем создания электродуги постоянного тока между титаном, помещенным в охлаждаемый тигель, служащий анодом, и стержнем с вольфрамовым наконечником, служащим подвижным катодом (рис. 130). В медный тигель помещают небольшой отрезок от слитка предыдущей плавки титана. По мере расплавления титана в кожух печи, в область пламени электродуги, из бункера при помощи шнекового питателя непрерывно подают измельченную титановую губку, а электрод постепенно поднимают при помощи специального механизма, следуя за нарастающим уровнем расплавляемого титана. Нижняя часть слитка быстро застывает в охлаждаемом медном тигле. Для получения более крупных отливок применяют непрерывное вытягивание вниз застывшего слитка при помощи механизма, опускающего охлаждаемое дно тигля.

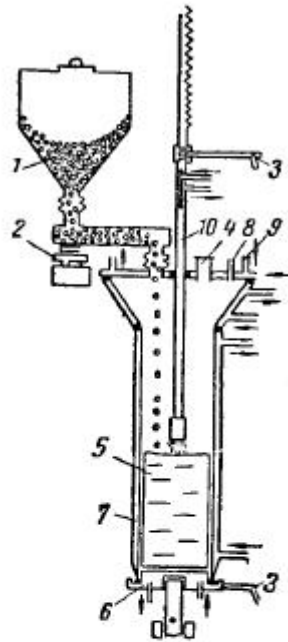


Рис. 130. Схема электродуговой печи для плавки титана с охлаждаемым медным тиглем:

1 — титановая губка; 2 — электрический вибратор; 3 — электроконтакты; 4 — смотровое окно; 5 — слиток; 6 — охлаждаемое водой опускаемое дно тигля; 7 — охлаждаемый водой медный тигель; 8 — труба для подачи аргона; 9 — труба для присоединения к вакууму; 10 — охлаждаемый водой электрододержатель

Вытягивание слитка в процессе его наплавления возможно потому, что расплавленный титан не смачивает поверхности охлажденной меди. При непрерывном вытягивании застывающего слитка должны быть применены автоматические или полуавтоматические приспособления, регулирующие скорость вытягивания слитка в соответствии со скоростью расплавления металла, т. е с количеством электроэнергии, затрачиваемой на расплавление металла.

В печи постоянного тока с вольфрамовым катодом при мощности около 64—100 квт скорость расплавления составляет 270—450 г/мин. При дуговой плавке одновременно в расплавленном состоянии находится относительно небольшая часть металла. Электродуговая плавка обеспечивает быстрое расплавление металла и тем самым высокую производительность процесса. Держатель вольфрамового наконечника у верхнего электрода охлаждается проточной водой. Охлаждение как вольфрамового, так и медного электродов почти полностью устраняет взаимодействие этих металлов с расплавом и загрязнение ими последнего, за исключением случаев сильного

разбрызгивания расплавленного титана, когда жидкий металл попадает на поверхность вольфрамового электрода. Так, анализ выплавленного таким образом титана показал содержание в нем меди до 0,05% и вольфрама до 0,05—0,08%.

Кожух печи представляет собой герметичную камеру, заполняемую инертным газом (аргоном или гелием) под давлением несколько выше атмосферного во избежание подсоса воздуха

Переплавленный в электродуговой печи титан содержит примеси: до 0,2% O, около 0,05% N и около 0,01% H.

Содержание углерода в титане, переплавленном в медном тигле при помощи вольфрамового электрода, практически то же, что и в исходной титановой губке и составляет около 0,05% или меньше.

Применение дуговой плавки с вольфрамовым электродом требует высокой чистоты исходной титановой губки. Примесь хлорида магния, интенсивно испаряющегося при плавке, приводит к разбрызгиванию расплавленного металла, который, попадая на вольфрамовый электрод, ускоряет его разъедание и загрязняет титан вольфрамом. При этом примесь вольфрама распределяется неравномерно, поскольку одновременно в расплавленном состоянии находится только часть слитка.

Кроме того, при хранении губки, содержащей повышенное количество хлористого магния, в результате гидролиза под действием влаги воздуха образуется хлорокись магния, кислород которой в процессе дальнейшей плавки переходит в титан, повышая твердость слитка и вызывая затруднения при последующей обработке давлением.

Чтобы устранить трудности, связанные с применением вольфрамового электрода, применяют графитовый наконечник. Для уменьшения загрязнения титана углеродом при использовании графитового электрода его предварительно обрабатывают, — погружают в расплавленный титан с целью образования на его поверхности плотной и тугоплавкой пленки сплава карбида титана с титаном (образуется твердый раствор на основе TiC).

Может быть использован также наконечник из спеченного карбида титана, обработанного расплавленным титаном.

При увеличенном диаметре медного тигля предусматривают приспособление для непрерывного кругового перемещения пламени дуги (например, наложением переменного магнитного поля) с тем, чтобы обеспечить равномерный прогрев и проплавление металла по всему сечению образующегося слитка.

За последнее время наибольшим распространением пользуется метод, позволяющий практически полностью исключить загрязнение слитка посторонними примесями из материала электрода посредством применения электрода из того же материала, что и расплавляемый металл, т. е. в данном

случае из титана. Этот метод называется дуговой плавкой с расходуемым электродом. Такой метод описан выше применительно к производству плавного молибдена. С некоторым изменением он может быть применен также в производстве титана и циркония. Применение метода непрерывного наращивания электрода путем автоматического выпрессовывания порошка в цилиндрические брикеты (описанного выше для плавки молибдена) в производстве титана и циркония встретило затруднения. Объясняется это тем, что конструкция приспособления для автоматического выпрессовывания требует мелкозернистого порошка, а измельчение титановой губки в мелкозернистый порошок приводит к его окислению и повышению количества адсорбированного азота. Поэтому для изготовления электродов из титановой (или циркониевой) губки, состоящей из кусочков размерами 5—10 мм. а иногда и больше, разработаны другие методы. По одному из методов электроды изготавливают путем предварительного прессования брикетов из измельченной губки вне дуговой печи. Затем брикеты сваривают в штанги, служащие электродом. Эта сварка может осуществляться не посредственно в верхней части камеры электродуговой печи в атмосфере инертного газа, заполняющего всю печь. Для более экономичного расходования титанового электрода в зону расплавляемого металла можно непрерывно подавать измельченную титановую губку из бокового бункера, Таким образом, примерно половина расплавляемого металла получается за счет расходуемого электрода, а половина за счет поступающей губки.

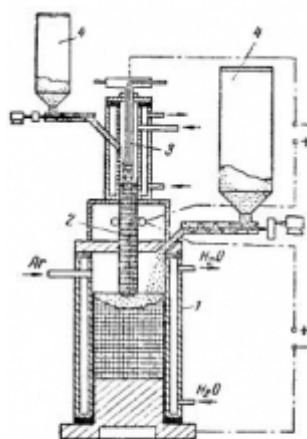


Рис. 131. Схема электродуговой печи для плавки титана с неплавляемым электродом:

- 1 — медный охлажденный водой тигель;
- 2 — расходуемый неплавящийся электрод;
- 3 — электрод с вольфрамовым или графитовым титанциркониевым наконечником;
- 4 — бункер с порошком титана

Один из вариантов дуговой плавки с расходуемым электродом, по которому двойная переплавка металла производится с целью повышения однородности

слитка, представлен на рис. 131. Титановый слиток в медном охлаждаемом тигле — электроде 1 образуется из металла, который расплавляется при помощи расходуемого титанового электрода 2. Электрод непрерывно наращивается путем переплавки измельченной губки при помощи вспомогательного электрода 3 с вольфрамовым или графитовым титанированным наконечником. Порошок титана непрерывно поступает из бункеров при помощи шнековых питателей в зоны обоих дуг. При использовании вольфрамового электрода в электродуговой плавке титана предпочтительнее применять постоянный ток с напряжением 20—30 в, при котором электрод служит катодом. В этом случае катод разогревается примерно до 2700—3200°, что намного ниже температуры титанового анода, расположенного в медном тигле, в результате чего сокращается расход электроэнергии и уменьшается износ катода и загрязнение титана вольфрамом.

При использовании расходуемого титанового электрода можно применять переменный ток, так как в этом случае высокая температура титанового электрода также используется для расплавления титана что повышает производительность процесса плавки. При переменном токе температура может достигать до 4000—4500°. Применение электродуговой плавки, в особенности с переменным током, а также в вакууме создает иногда затруднения, связанные с недостаточной стабильностью пламени дуги. Стабилизация дуги переменного тока может быть улучшена наложением вспомогательного слабого тока высокой частоты с числом колебаний, близким к частоте радиотоков. Кроме этого к исходной измельченной губке перед ее брикетированием рекомендуют добавлять небольшое количество магния (несколько десятых процента) в форме стружки или обрезков проволоки. Образующиеся пары магния стабилизируют пламя дуги. Плавка титана в дуговой печи в медном охлаждаемом тигле имеет преимущество по сравнению с плавкой в графитовом тигле, так как в этом случае отсутствует поглощение углерода, в результате чего получающийся слиток более удобен для механической обработки как давлением, так и резанием. Недостаток же дуговой плавки заключается в том, что в дуговой печи одновременно расплавляется не весь слиток, что способствует неравномерности распределения в нем примесей. Особенно важное значение этот недостаток приобретает при производстве сплавов на основе титана когда необходимо обеспечить равномерное распределение легирующих добавок по всему объему слитка. В этих случаях необходимо особенно тщательно составлять исходную шихту для брикетирования или подвергать слиток вторичной переплавке например путем его использования в качестве расходуемого электрода после проковки до меньшего диаметра. Для обеспечения большей однородности состава слитка, а также для

повышения производительности как плавильной печи, так и оборудования на последующих операциях обработки слитков давлением стремятся получать слитки возможно большего диаметра. Так, в новых конструкциях американских дуговых печей для плавки титана и его сплавов использовался расходуемый электрод диаметром около 350 мм с получением слитка диаметром около 600 мм, что создает значительный объем металла, единовременно расплавляемого в зоне электродуги. В последнее время опубликованы сообщения о разработке конструкции автоматической вакуумной дуговой печи для двойной переплавки титана и его сплавов в слитки весом около 2 т и о подготовке к строительству печи для выплавки 4 т слитков. Плавка титана или его сплавов в вакууме обеспечивает более полное удаление водорода (до 0,005%). Это оказывает положительное влияние на пластичность металла, так как даже незначительные примеси водорода в титане заметно повышают его хрупкость (рис. 132).

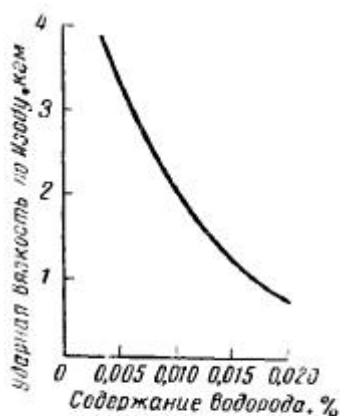


Рис. 132. Изменение ударной вязкости титана в зависимости от содержания поглощенного водорода

Возможность получения больших отливок является основным преимуществом способа плавки по сравнению с металллокерамическим методом изготовления компактного ковкого титана. Кроме того, преимущество плавки титана по сравнению с металллокерамическим методом (в случае использования для последнего также магнетермического титана) заключается в лучшей очистке металла от хлористого магния и частично низших хлоридов титана. При спекании крупной заготовки титана иногда наблюдается неоднородность структуры спеченного тела, что связано с остатками не удаленного хлористого магния. Этот недостаток металллокерамического метода исключается в случае применения порошка титана, восстановленного из двуокиси. Недавно были опубликованы описания установки для непрерывного процесса

производства титана, включающего операции восстановления четыреххлористого титана отгонку хлористого магния и остатков металлического магния и плавку металла в дуговой электропечи. Одна из схем установки для непрерывного процесса показана на рис. 133. Аппарат подобного типа описан как опытный. Его испытание показало, что выполнение данного процесса требует весьма тщательной регулировки температуры и скоростей подачи четыреххлористого титана и магния. Хотя в установке предусмотрены соответствующие автоматические устройства, тем не менее синхронизация всех процессов связана с большими трудностями.

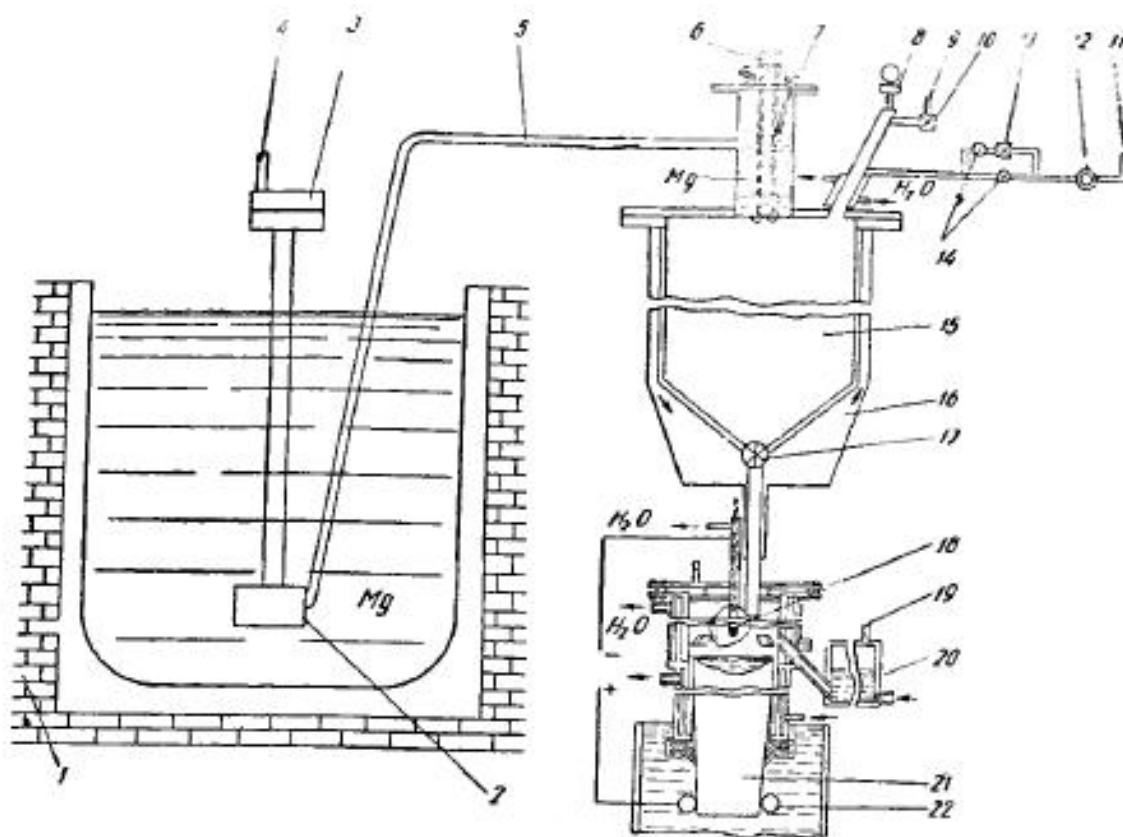


Рис. 133. Схема установки для непрерывного процесса восстановления и плавки титана:

1 — печь для расплавления магния; 2 — насос; 3 — пневматический мотор для насоса; 4 — трубка для подвода воздуха; 5 — обогреваемый трубопровод; 6 — игольчатые клапаны; 7 — регулятор уровня расплавленного магния; 8 — манометр; 9 — выпускной штуцер; 10 — предохранительный клапан; 11 — труба для подачи четыреххлористого титана; 12 — насос для подачи четыреххлористого титана; 13 — регулятор подачи четыреххлористого титана; 14 — игольчатые клапаны; 15 — камера для восстановления; 16 — солевая ванна; 17 — клапан для выпуска прореагировавшей смеси; 18 — вольфрамовый электрод; 19 — трубка для подачи аргона; 20 — приемник для хлористого магния; 21 — слиток; 22 — контактные ролики, служащие для удаления слитка

Список литературы

1. Титан; В.А.Гармата, А.Н..Петрунько, Н.В.Галицкий, Ю.Г.Олесов, Р.А. Сандлер 1983г.
2. Общая металлургия; Н.Н. Севрюков, Б.А. кузьмин, Е.В. Челищев 1976г.