

Лекция 10 Восстановление деталей гальваническими покрытиями

10.1 Общие сведения

Гальванические и химические способы обработки широко применяют при восстановлении изношенных поверхностей деталей (хромирование, железнение, химическое никелирование), для защиты деталей от коррозии (цинкование, бронзирование, оксидирование), для защитно-декоративных целей (хромирование, никелирование, цинкование, оксидирование), для придания поверхностям деталей специальных свойств: хорошей прирабатываемости (меднение, лужение, свинцование, фосфатирование), для защиты от науглероживания при цементации (меднение), для повышения электрической проводимости (меднение, серебрение), для повышения отражательной способности (хромирование, никелирование), как подслоя под другое покрытие (медь, никель) или как грунт под окраску (фосфатирование).

Ремонтное производство предъявляет к способам восстановления деталей 2 основных требования: геометрические формы поверхности; - способ должен восстанавливать служебные свойства деталей. Из гальванических способов восстановления применимы в авторемонтном производстве хромирование и железнение (осталивание). Эти способы восстановления отвечают предъявляемым требованиям. Статистика указывает, что износ деталей на сторону от 0 до 0,21 мм. составляет 76,5%, от 0,21 до 0,49 – 18,4%, более 0,49 – 5,1%, а так как хромирование имеет износостойкий слой 0,3...0,4 мм. (осталивание – несколько мм.), то с точки зрения требований по восстановлению геометрической формы поверхности эти способы применимы. Под характеристикой служебных свойств следует понимать: надежность сцепления с основной деталью; твердость и износостойкость, влияние на усталостную прочность детали. В отношении сцепляемости и ученые и производственники нашли те оптимальные условия наращивания, что не вызывает сомнений. Твердость покрытий при хромировании достигает 72 HRC, при железнении – 56...57 HRC. Износостойкость не является параметром одинаковым с твердостью, так как хром, например, плохо смачивается и износостойкость будет зависеть от пористости покрытий, о чем будет сказано ниже.

10.2 Основные сведения о процессе гальванического осаждения (электролиза) металлов

Гальваническое осаждение металлов производят путем электролиза водных растворов солей этих металлов. Процесс электролиза связан с перемещением электрически заряженных частиц. При пропускании постоянного тока через водный раствор (электролит) положительно заряженные ионы (Катионы) перемещаются к отрицательному электроду (катоде), где получают недостающие электроны и превращаются в нейтральные атомы металла, которые образуют покрытие на катоде. Отрицательно заряженные ионы (анионы) перемещаются к положительно заряженному электроду (аноду), теряют свой электрический заряд и превращаются в нейтральные атомы.

На катоде выделяется металл и водород, на аноде — кислород и кислотные остатки. Катодами являются ремонтируемые детали, а в качестве анодов используют металлические стержни или пластины (растворимые и нерастворимые). Растворимые аноды делают из того же металла, который нужно осадить на катоде, нерастворимые изготавливают из сплава свинца и сурьмы и применяют только при хромировании, свинцовании и при оксидировании алюминия и его сплавов.

Масса металла, откладывающаяся на катоде при электролизе, может быть определена по закону Фарадея

$$g = C I T$$

где C — электрохимический эквивалент, г/(А*ч); I — сила тока при электролизе, А; T — время электролиза, ч.

Поскольку в электролите при электролизе, помимо ионов металла, присутствуют и другие заряженные частицы (водород, гидроокиси металла и др.), то неизбежны потери электроэнергии на их образование. Эти потери учитываются коэффициентом выхода по току

$$\eta = \frac{100(Q_2 - Q_1)}{C I T},$$

где η — выход по току, %; Q_1 — масса детали без покрытия, г; Q_2 — масса детали после нанесения покрытия, г.

Т а б л и ц а 10.1 - Основные данные технологических режимов электролиза

Металл покрытия	γ , г/см ³	C , г/(А·ч)	η , %	h_{\max} , мм	Микротвердость H_v , МПа
Хром	6,9...7,1	0,324	11...32	0,3	6000...12 000
Железо	7,7...7,8	1,042	85...95	1,0...1,5	4000...7 000
Цинк	7,0	1,22	97...99	$(15...30) 10^{-3}$	Не контролируется
Медь	8,9	1,186	80...90	$(13...26) 10^{-3}$	»
Никель	8,8	1,095	90...95	$(15...25) 10^{-3}$	»

В технологических расчетах в зависимости от толщины наращиваемого покрытия при ремонте детали определяют время процесса электролиза (осаждения металла)

$$T = \frac{1000 \gamma h}{C \eta D_k},$$

где V — катодная плотность тока, А/дм² h — толщина слоя покрытия, мм;
— плотность металла покрытия (табл. 18.1), г/см³ C — электрохимический эквивалент, г/(А·ч); η — выход по току, %.

Толщина слоя покрытия h , полученная расчетом, практически не соответствует этому значению во всех точках поверхности детали. Это объясняется тем, что силовые линии в электролите при прохождении тока распределяются по поверхности неравномерно: большая концентрация силовых линий — на выступающих частях катода (детали), вследствие чего плотность тока в этих местах выше средней, и поэтому здесь наблюдается более интенсивное осаждение металла (большая толщина слоя). Степень распределения равномерности силовых линий на поверхности катода характеризуется рассеивающей способностью электролита.

Более равномерное покрытие можно получить изменением состава электролита (введением в него специальных добавок — декстрина спирта), изменением режима электролиза (уменьшением плотности тока), применением фигурных анодов и дополнительных катодов (экранов), а также изменением расстояния между деталью и анодом так, чтобы форма анода соответствовала форме детали.

Способность электролита, или, как принято называть, способность ванны покрывать имеющиеся на катоде (детали) углубления, называют *кроющей способностью*.

Таким образом, если рассеивающая способность дает представление о количественном распределении металла на поверхности катода, то кроющая способность дает представление о наличии и отсутствии металла на различных участках покрываемой поверхности. В случае плохой кроющей способности электролита для обеспечения покрытия в углубленных местах применяют дополнительные или фигурные аноды.

10.3 Технологический процесс нанесения покрытия

Процесс состоит из трех основных этапов:

- подготовка деталей к гальваническому нанесению покрытий;
- гальваническое нанесение покрытия;
- обработка детали после нанесения покрытия.

Подготовка детали к нанесению покрытия включает следующие операции: механическую обработку поверхности (пескоструйная обработка, шлифование, полирование) с целью восстановления правильной геометрической формы и требуемой шероховатости; установку на подвесном приспособлении; изолирование непокрываемых участков; обезжиривание и декапирование поверхности детали. От качества выполнения этих операций зависит прочность сцепления (адгезия) покрытия с поверхностью детали. Поэтому после шлифования детали, непосредственно перед нанесением покрытия, производят «оживление» поверхности.

Обычно эту операцию производят шлифованием поверхности мелкозернистой шкуркой вручную или полированием на специальном шлиф овално-полировальном станке.

Для полирования используют тканевые (бязевые) круги, на которые наносят полировальную пасту.

Наиболее часто применяют пасту ГОИ. Абразивным материалом в этой пасте является мелкий порошок окиси хрома. детали, подлежащие покрытию с декоративной целью, шлифуют на шлифовально-полировальных станках с использованием войлочных кругов, на поверхность кругов наносится абразивный порошок, который закрепляется при помощи клея. После шлифования детали полируют.

Детали, предназначенные для покрытия защитными металлами, обычно подвергают очистке металлическим песком, мелкие детали обрабатываются в галтовочных барабанах. детали, имеющие загрязнения, подвергают предварительному обезжириванию органическими растворителями (бензин, уайт-спирит, четыреххлористый углерод, трихлорэтилен).

Поверхности деталей, не подлежащие покрытию, изолируют. В качестве изоляционных материалов при хромировании используют кислотостойкие токонепроводящие материалы — лаки и синтетические материалы: полихлорвиниловый пластик, цапон-лак (раствор целлулоидной пленки в ацетоне) и др.

С целью обеспечения правильного расположения восстанавливаемой детали относительно анодов и надежного подвода электрического тока применяют специальные подвесные приспособления. К конструкциям подвесных приспособлений предъявляются следующие требования:

- быстрота установки детали и надежность крепления;
- обеспечение равномерного распределения силовых линий на деталях;
- обеспечение достаточного свободного подхода электролита к восстанавливаемым поверхностям и свободного выхода газов, выделяющихся при электролизе.

Обезжиривание деталей производится в щелочных растворах с последующей промывкой деталей в воде. Тонкие пленки растворенных жиров и масел, остающихся на детали после обезжиривания и испарения растворителей, удаляют протиркой венской известью ($\text{CaO} \times \text{MgO}$). После протирки остатки извести смывают холодной проточной водой. Равномерный сток воды с поверхности детали без образования отдельных капель указывает на то, что поверхность обезжирена качественно.

Часто для окончательного обезжиривания деталей применяют электрохимическое обезжиривание. В этом случае деталь навешивают на катодную штангу ванны со щелочным раствором (состав: едкий натр 10 г/л, кальцинированная сода 25 г/л, тринатрийфосфат 25 г/л, эмульгатор ОП-7 3...5 г/л). Режим обезжиривания: температура раствора 70...80 °С; плотность тока 5...10 А/дм², длительность процесса 1...2 мин.

При электролизе на поверхности детали (катоде) выделяется водород в виде пузырьков, которые механически срывают с поверхности жировую пленку и происходит эмульгирование жиров в растворе.

Декапирование — удаление тончайших окисных пленок с поверхности детали. Этим достигается раскрытие структуры металла, что обеспечивает прочность сцепления покрытия с поверхностью детали. При хромировании декапирование производят в той же ванне, в которой производится и хромирование. детали навешивают в ванну на анод и выдерживают 1...2 мин для прогрева детали, затем ведут анодную обработку при плотности тока 25... 35 А/дм² в течение 30...45 с. После этого, не вынимая детали из ванны, переключают деталь на катод и хромируют ее.

10.4 Хромирование

Этот процесс применяют для ремонта изношенных поверхностей или восстановления декоративных покрытий деталей. Преимущества электрического хрома:

- высокая микротвердость (в 1,5...2,0 раза выше, чем при закалке ТВЧ);
- высокая износостойкость (в 3...5 раз по сравнению с закаленной сталью);

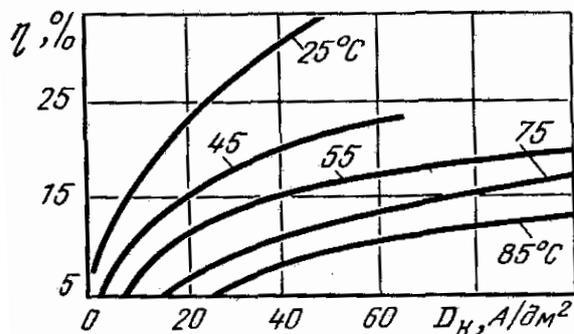


Рисунок 10.1 - Зависимость выхода хрома по току от изменения плотности тока и температуры электролита (по данным Н. П. Федотьева для универсального электролита)

- низкий коэффициент трения (на 50 % ниже, чем у стали и чугуна)
- высокая коррозионная стойкость
- высокая прочность сцепления

(адгезия) покрытия с поверхностью детали.

Недостатки процесса хромирования и хромового покрытия:

- низкий выход металла по току (8...42 %);
- небольшая скорость отложения осадков (0,03 мм/ч);
- высокая агрессивность электролита;
- толщина отложения покрытия практически не превышает 0,3 мм;
- гладкий хром плохо удерживает смазочное масло.

В практике ремонтных предприятий применяются сернокислые, саморегулирующиеся тетраоксидные электролиты.

10.4.1 Сернокислый (Универсальный) электролит.

Режим хромирования: температура электролита 45...60 °С, плотность тока 30...60 А/дм². Этот электролит самый распространенный

Для получения качественного хромового покрытия (с заданными свойствами) необходимо выдерживать режим электролиза и особенно температуру электролита которая в процессе электролиза не должна отклоняться более чем на 2 °С. При понижении температуры выход хрома по току увеличивается (рисунок 10.1) и улучшается рассеивающая способность. Изменение температуры по сравнению с оптимальной существенно влияет на микротвердость осадков (рисунок 10.2).

Для приготовления сернокислого электролита необходима дистиллированная вода или прокипяченная отстоявшаяся водопроводная вода. Готовят электролит обычно в ванне для хромирования. В ванну заливают подготовленную воду и вводят расчетное количество хромового ангидрида (СгО₃), непрерывно перемешивая до полного растворения. Затем вводят расчетное количество серной кислоты. Вливать серную кислоту надо небольшой струей, непрерывно перемешивая электролит.

Для электролиза в электролите должны быть ионы трехвалентного хрома из расчета 3...5 г/л. для накопления трехвалентного хрома электролит должен быть проработан током. для этого через электролит необходимо пропустить постоянный ток из расчета 6...8 А.ч на литр электролита.

При работе хромовой ванны необходимо контролировать состав электролита, так как при содержании в электролите Ре+СгО₃ более 15 % отложения хрома не будет.

При хромировании можно получить три вида покрытий (осадков): серый (матовый), блестящий и молочный (белый) (рисунок 10.3).

Образование электролитического покрытия на катоде происходит в результате электрокристаллизации. Характерным для электрокристаллизации является одновременное протекание двух процессов: образование центров кристаллизации и их рост. Если скорость образования центров кристаллизации будет опережать скорость роста образования кристаллов, то структура покрытия будет мелкокристаллической (матовые или матово-блестящие осадки)., наоборот, при преобладающей скорости роста кристаллов покрытие получается сравнительно крупнокристаллическим (молочные или молочно-блестящие осадки).

В структуре электролитических мелкокристаллических покрытий образуются внутренние растягивающие напряжения, которые искажают их кристаллическую решетку. Этим объясняется повышенная твердость и хрупкость осадков хрома и наличие в их покрытии мелких трещин. *Пористое хромирование* — процесс, заключающийся в растравливании на покрытии трещин. Этот процесс ведется с целью повысить маслоудерживающую способность хромовых покрытий. Растравливание хромового покрытия производится в ванне хромирования при средних плотностях (30...40 А/дм²). При этом деталь подключают к положительному полюсу. Различают два вида пористости электролитических покрытий: *канальчатый* и *точечный*.

Канальчатый хром получается при анодном растравливании молочных и молочноблестящих покрытий, а точечный при анодном

растравливании матово-блестящих покрытий.

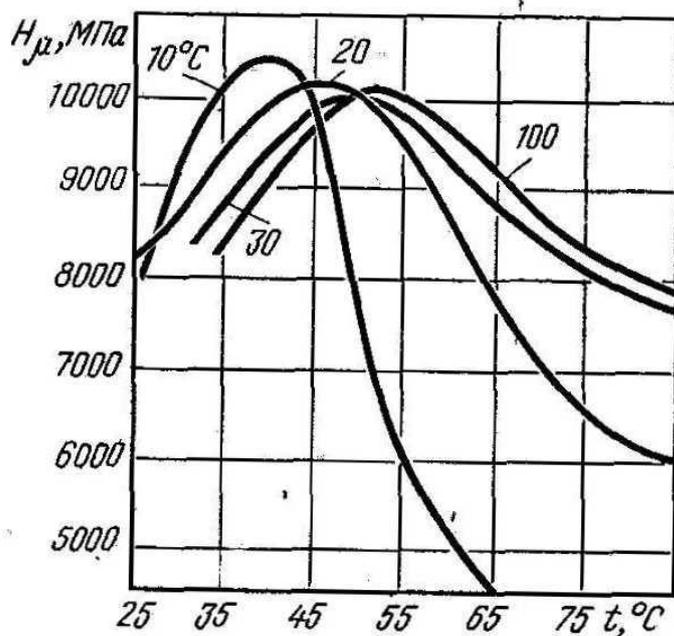


Рисунок 10.2. Зависимость микротвердости осадков хрома от изменения плотности тока и температуры электролита

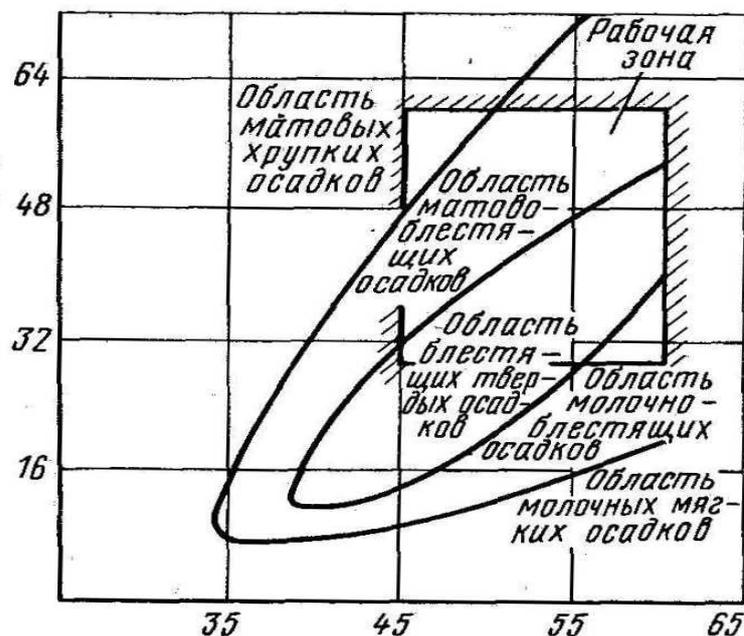


Рисунок.10.3 - Зависимость получаемого вида хромового покрытия от плотности тока и температуры электролита

Приработка поверхностей трения при использовании точечного хрома происходит быстрее, чем при применении канальчатого, но износостойкость точечного хрома ниже. Канальчатый хром используют для восстановления деталей, работающих на износ в условиях затрудненной смазки трущихся поверхностей (например, гильзы цилиндров). Точечный хром применяют при восстановлении деталей, работающих при значительном нагреве, а также для деталей, требующих быстрой приработки (например, поршневые кольца, поршневые пальцы).

10.4.2 Саморегулирующиеся электролиты.

Они

представляют собой водные растворы хромового ангидрида (CrO_3) с добавками кремнефтористого калия и сернокислого стронция). Эти соли вводят в ванну в массе, превышающей их растворение, и поэтому они, не растворившись, находятся на дне ванны. Присутствие осадка на дне ванны гарантирует постоянство концентрации солей и этим обеспечивается саморегулирование электролита. Положительные свойства саморегулирующихся электролитов:

-допускают применение более высоких плотностей;
-скорость осаждения хрома выше, чем в сернокислых электролитах;
-хорошая рассеивающая способность;
загрязнению его железом и другими металлами.

-малая чувствительность к

Отрицательные свойства:

-агрессивность и ядовитость электролита;
приспособлений, аноды и детали ванн разрушаются больше, чем в сернокислом электролите.

-детали подвесных

При использовании саморегулирующихся электролитов необходимо особо тщательно изолировать не покрываемые поверхности детали, а также поверхности подвесных приспособлений и ванн. Для уменьшения разрушения анодов их следует изготавливать из сплава свинца (90%) и олова (10%), а не свинца и сурьмы (92 и 8%), как для сернокислых электролитов.

10.4.3 Тетрахроматные электролиты.

При хромировании в этих электролитах покрытия получают более мягкие, беспористые (без трещин), серого оттенка, легко полируемые до зеркального блеска. Применяется этот электролит для получения защитно-декоративных покрытий. Электролиз можно производить в железных ваннах без футеровки, так как электролит слабоагрессивен. Процесс отложения хрома может идти при содержании примесей железа в ванне до 30 г/л. Температуру в ванне необходимо поддерживать в пределах 17...27 °С, поэтому в процессе электролиза ванну необходимо охлаждать. Электролиты эти имеют высокий коэффициент выхода по току (25...35%) и хорошую рассеивающую способность.

10.4.4 Ванны для хромирования.

Осаждение хрома

производят в ваннах, состоящих из двух баков, сваренных из листовой стали толщиной 4...5 мм и установленных один в другой. Между стенками баков заливают воду, которая, образуя водяную рубашку, обеспечивает равномерный нагрев электролита, заливаемого во внутренний бак. Разогрев воды осуществляется паром либо электрическими нагревателями (ТЭНами).

Внутренний бак для предохранения от разрушения электролитом изнутри облицовывается теплопроводным кислотостойким материалом (кислотостойким диабазовым цементом, керамическими плитками или синтетическими материалами — винилпластом, полиэтиленом и др.).

10.4.5 Хромирование деталей из алюминиевых сплавов.

Подготовка деталей из

алюминия и его сплавов к хромированию вызывает большие трудности в связи с образованием на его поверхности окисной пленки. Удаляется она травлением деталей в щелочном растворе следующего состава (г/л): каустическая сода 10...15, двууглекислый натрий 30, тринатрийфосфат 30. Температура раствора 65...75 °С. После промывки в воде с поверхности детали удаляются продукты травления путем обработки в смеси из двух частей азотной кислоты и одной части плавиковой кислоты, далее на поверхности детали осаждают слой цинка из раствора (г/л): окись цинка 30...35 и каустическая сода 130...200. Затем детали загружают в хромовую ванну под током и осаждают хром до требуемой толщины покрытия.

10.5 Железные

По сравнению с хромированием железнение имеет целый ряд особенностей: применяются дешевые электролиты; применяются растворимые аноды; используются более высокие плотности тока, а следовательно повышенную скорость осаждения; выход по току достигает 85...90%, вместо 13...18% при хромировании; значительно меньшая длительность процесса; низкая стоимость восстановления по сравнению с хромированием, поэтому можно восстанавливать детали с большим износом. Электролит готовят растворением в воде солей хлористого железа и других компонентов. Если для приготовления электролита используется стружка из малоуглеродистой стали, то ее перед употреблением подвергают обезжириванию в 10...15%-ном растворе каустической соды при температуре 80...90 °С, а затем промывают в горячей ($t=70...80$ °С) воде. После этого обезжиренную стружку травят до насыщения соляной кислотой. Электролиты бывают горячие и холодные. Горячие электролиты ($t=60...95$ °С) производительнее холодных, но при работе с ними необходимы дополнительный расход энергии на поддержание высокой температуры электролита, частая его корректировка, дополнительная вентиляция и большая предосторожность со стороны рабочих. Холодные электролиты устойчивее против окисления. Позволяют получать качественные покрытия с лучшими механическими свойствами. В все холодные электролиты вводится хлористый марганец, который замедляет образование дендритов и способствует получению

гладких покрытий большой толщины. Марганец на электроде не осаждается и сохраняется в электролите длительное время.

Осаждение железа производят из электролитов со следующим составом: хлористое железо ($\text{FeCl}_2 \cdot 4 \text{H}_2\text{O}$) 300...350 г/л, соляная кислота HCl 1...3 г/л. Осажденное покрытие - железо — имеет мелкозернистую структуру и высокую твердость по сравнению с литым или прокатанным железом.

При железнении применяют в качестве анодов стержни или пластины из малоуглеродистой стали Ст.08 или Ст.10. При электролизе аноды растворяются и при этом образуют шлам, который загрязняет электролит. Для улавливания шлама аноды помещают в чехлы из стеклоткани.

Свойства железных покрытий так же, как и хромовых, зависят от режима работы ванн. Покрытия с твердостью ниже 3 МПа имеют крупнозернистое строение, внутренние напряжения небольшие, трещины на поверхности отсутствуют. Покрытия с твердостью 3...5,5 МПа имеют мелкозернистую структуру и небольшое число крупных трещин, а покрытия с твердостью выше 5,5 МПа имеют тоже мелкозернистую структуру, но большое число мелких трещин. По износостойкости покрытия железа близки к износостойкости деталей, изготовленных из стали, закаленной ТВЧ.

В горячих электролитах осаждение металла ведут при плотности тока 30...50 А/дм² и температуре 60...80°С. Пористое железнение можно получить точно также как и для хрома, когда деталь завешивается на анод и режим травления: плотность тока 25...35 А/дм²; температура 75...80°С. Продолжительность анодного травления 3...5 мин.

Одним из наиболее серьезных дефектов, получаемых при осаждении железа, является шероховатость, однако она не является признаком выбраковки. Шероховатость (*бугорчатость*) поверхности покрытия вызывается двумя причинами: наличием на поверхности детали посторонних твердых частиц (частицы шлама) и наличием неровностей и острых выступающих кромок и углов деталей. Эти неровности вызывают местное повышение плотности тока, здесь вырастают бугорки или острые углы (железа). Поэтому нельзя вести электролиз в помутневшем электролите. Иногда наблюдается шелушение осадка. Избежать этот дефект можно предварительным обезжириванием детали и исключением перерыва в подаче тока.

Ванны для железнения изготавливаются из листовой стали, внутренняя поверхность которых облицовывается кислотостойким материалом. В практике нашли применение ванны, облицованные антигмитовыми плитками, эмалированные, гуммированные ванны и керамические ванны небольшого объема (до 200 л). Антигмин марки АТМ – 1, получают путем пропитки графита фенолформальдегидной смолой, и металлические ванны из титана отличаются от других материалов высокой теплопроводностью и хорошей химической и механической прочностью и рекомендуются для изготовления ванн с внешним обогревом.