## **Курсовая работа**

на тему: «Термическая обработка металлов и сплавов»

**Введение**

Термическую обработку применяют на различных стадиях производства деталей машин и металлоизделий. В одних случаях она может быть промежуточной операцией, служащей для улучшения обрабатываемости сплавов давлением, резанием, в других – является окончательной операцией, обеспечивающей необходимый комплекс показателей механических, физических и эксплуатационных свойств изделий или полуфабрикатов. Полуфабрикаты подвергают термической обработке для улучшения структуры, снижения твердости (улучшения обрабатываемости), а детали – для придания им определенных, требуемых свойств (твердости, износостойкости, прочности и других).

В результате термической обработки свойства сплавов могут быть изменены в широких пределах. Возможность значительного повышения механических свойств после термической обработки по сравнению с исходным состоянием позволяет увеличить допускаемые напряжения, уменьшить размеры и массу машин и механизмов, повысить надежность и срок службы изделий. Улучшение свойств в результате термической обработки позволяет применять сплавы более простых составов, а поэтому более дешевые. Сплавы приобретают также некоторые новые свойства, в связи с чем расширяется область их применения.

**Назначение и виды термической обработки**

Термической (тепловой) обработкой называются процессы, сущность которых заключается в нагреве и охлаждении изделий по определенным режимам, в результате чего происходят изменения структуры, фазового состава, механических и физических свойств материала, без изменения химического состава.

Назначение термической обработки металлов – получение требуемой твердости, улучшение прочностных характеристик металлов и сплавов. Термическая обработка подразделяется на термическую, термомеханическую и химико-термическую. Термическая обработка – только термическое воздействие, термомеханическая – сочетание термического воздействия и пластической деформации, химико-термическая – сочетание термического и химического воздействия. Термическая обработка, в зависимости от структурного состояния, получаемого в результате ее применения, подразделяется на отжиг (первого и второго рода), закалку и отпуск.

**Отжиг**

*Отжиг –* термическая обработка заключающаяся в нагреве металла до определенных температур, выдержка и последующего очень медленного охлаждения вместе с печью. Применяют для улучшения обработки металлов резанием, снижения твердости, получения зернистой структуры, а также для снятия напряжений, устраняет частично (или полностью) всякого рода неоднородности, которые были внесены в металл при предшествующих операциях (механическая обработка, обработка давлением, литье, сварка), улучшает структуру стали.

*Отжиг первого рода*. Это отжиг при котором не происходит фазовых превращений, а если они имеют место, то не оказывают влияния на конечные результаты, предусмотренные его целевым назначением. Различают следующие разновидности отжига первого рода: гомогенизационный и рекристаллизационный.

*Гомогенизационный* – это отжиг с длительной выдержкой при температуре выше 950ºС (обычно 1100–1200ºС) с целью выравнивания химического состава.

*Рекристаллизационный* – это отжиг наклепанной стали при температуре, превышающей температуру начала рекристаллизации, с целью устранения наклепаи получение определенной величины зерна.

*Отжиг второго рода*. Это отжиг, при котором фазовые превращения определяют его целевое назначение. Различают следующие виды: полный, неполный, диффузионный, изотермический, светлый, нормализованный (нормализация), сфероидизирующий (на зернистый перлит).

*Полный отжиг* производят путем нагрева стали на 30–50 °С выше критической точки, выдержкой при этой температуре и медленным охлаждением до 400–500 °С со скоростью 200 °С в час углеродистых сталей, 100 °С в час для низколегированных сталей и 50 °С в час для высоколегированных сталей. Структура стали после отжига равновесная, устойчивая.

*Неполный отжиг* производится путем нагрева стали до одной из температур, находящейся в интервале превращений, выдержкой и медленным охлаждением. Неполный отжиг применяют для снижения внутренних напряжений, понижения твердости и улучшения обрабатываемости резанием

*Диффузионный отжиг*. Металл нагревают до температур 1100–1200ºС, так как при этом более полно протекают диффузионные процессы, необходимые для выравнивания химического состава.

*Изотермический отжиг* заключается в следующем: сталь нагревают, а затем быстро охлаждают (чаще переносом в другую печь) до температуры, находящейся ниже критической на 50–100ºС. В основном применяется для легированных сталей. Экономически выгоден, так как длительность обычного отжига (13 – 15) ч, а изотермического отжига (4 – 6) ч

*Сфероидизирующий отжиг (на зернистый перлит*) заключается в нагреве стали выше критической температуры на 20 – 30 °С, выдержке при этой температуре и медленном охлаждении.

*Светлый отжиг* осуществляется по режимам полного или неполного отжига с применением защитных атмосфер ил в печах с частичным вакуумом. Применяется с целью защиты поверхности металла от окисления и обезуглероживания.

*Нормализация* – заключается в нагреве металла до температуры на (30–50) ºС выше критической точки и последующего охлаждения на воздухе. Назначение нормализации различно в зависимости от состава стали. Вместо отжига низкоуглеродистые стали подвергают нормализации. Для среднеуглеродистых сталей нормализацию применяют вместо закалки и высокого отпуска. Высокоуглеродистые стали подвергают нормализации с целью устранения цементитной сетки. Нормализацию с последующим высоким отпуском применяют вместо отжига для исправления структуры легированных сталей. Нормализация по сравнению с отжигом – более экономичная операция, так как не требует охлаждения вместе с печью.

**Закалка**

*Закалка* – это нагрев до оптимальной температуры, выдержка и последующее быстрое охлаждение с целью получения неравновесной структуры.

В результате закалки повышается прочность и твердость и понжается пластичность стали. Основные параметры при закалке – температура нагрева и скорость охлаждения. Критической скоростью закалки называется скорость охлаждения, обеспечивающая получение структуры – мартенсит или мартенсит и остаточный аустенит.

В зависимости от формы детали, марки стали и требуемого комплекса свойств применяют различные способы закалки.

*Закалка в одном охладителе*. Деталь нагревают до температуры закалки и охлаждают в одном охладителе (вода, масло).

*Закалка в двух средах (прерывистая закалка)* – это закалка при которой деталь охлаждают последовательно в двух средах: первая среда – охлаждающая жидкость (вода), вторая – воздух или масло.

*Ступенчатая закалка*. Нагретую до температуры закалки деталь охлаждают в расплавленных солях, после выдержки в течении времени необходимого для выравнивания температуры по всему сечению, деталь охлаждают на воздухе, что способствует снижению закалочных напряжений.

*Изотермическая закалка* так же, как и ступенчатая, производится в двух охлаждающих средах. Температура горячей среды (соляные, селитровые или щелочные ванны) различна: она зависит от химического состава стали, но всегда на 20–100 °С выше точки мартенситного превращения для данной стали. Окончательное охлаждение до комнатной температуры производится на воздухе. Изотермическая закалка широко применяется для деталей из высоколегированных сталей. После изотермической закалки сталь приобретает высокие прочностные свойства, то есть сочетание высокой вязкости с прочностью.

*Закалка с самоотпуском* имеет широкое применение в инструментальном производстве. Процесс состоит в том, что детали выдерживаются в охлаждающей среде не до полного охлаждения, а в определенный момент извлекаются из нее с целью сохранения в сердцевине детали некоторого количества тепла, за счет которого производится последующий отпуск.

**Отпуск**

*Отпуск* стали является завершающей операцией термической обработки, формирующей структуру, а следовательно, и свойства стали. Отпуск заключается в нагреве стали до различных температур (в зависимости от вида отпуска, но всегда ниже критической точки), выдержке при этой температуре и охлаждении с разными скоростями. Назначение отпуска – снять внутренние напряжения, возникающие в процессе закалки, и получить необходимую структуру.

В зависимости от температуры нагрева закаленной детали различают три вида отпуска: высокий, средний и низкий.

*Высокий отпуск* производится при температурах нагрева выше 350–600 °С, но ниже критической точки; такой отпуск применяется для конструкционных сталей.

*Средний отпуск* производится при температурах нагрева 350 – 500 °С; такой отпуск широко применяется для пружинной и рессорной сталей.

*Низкий отпуск* производится при температурах 150–250 °С. Твердость детали после закалки почти не изменяется; низкий отпуск применяется для углеродистых и легированных инструментальных сталей, для которых необходимы высокая твердость и износостойкость.

Контроль отпуска осуществляется по цветам побежалости, появляющимся на поверхности детали.

**Старение**

*Старение* –это процесс изменения свойств сплавов без заметного изменения микроструктуры. Известны два вида старения: термическое и деформационное.

*Термическое старение* протекает в результате изменения растворимости углерода в железе в зависимости от температуры.

Если изменение твердости, пластичности и прочности протекает при комнатной температуре, то такое старение называется *естественным.*

Если же процесс протекает при повышенной температуре, то старение называется *искусственным.*

*Деформационное (механическое) старение* протекает после холодной пластической деформации.

**Обработка холодом**

Новый вид термической обработки, для повышения твердости стали путем перевода остаточного аустенита закаленной стали в мартенсит. Это выполняется при охлаждении стали до температуры нижней мартенситной точки.

Методы поверхностного упрочнения

*Поверхностной закалкой* называют процесс термической обработки, представляющий собой нагрев поверхностного слоя стали до температуры выше критической и последующее охлаждение с целью получения в поверхностном слое структуры мартенсита.

Различают следующие виды: индукционная закалка; закалка в электролите, закалка при нагреве токами высокой частоты(ТВЧ), закалка с газопламенным нагревом.

*Индукционная закалка* основана на физическом явлении, сущность которого заключается в том, что электрический ток высокой частоты, проходя по проводнику, создает вокруг него электромагнитное поле. На поверхности детали, помещенной в этом поле, индуцируются вихревые токи, вызывая нагрев металла до высоких температур. Это обеспечивает возможность протекания фазовых превращений.

В зависимости от способа нагрева индукционная закалка подразделяется на три вида:

одновременный нагрев и закалка всей поверхности (используется для мелких деталей);

последовательный нагрев и закалка отдельных участков (используется для коленчатых валов и подобных им деталей);

непрерывно-последовательный нагрев и закалка перемещением (используется для длинных деталей).

*Газопламенная закалка.* Процесс газопламенной закалки заключается в быстром нагреве поверхности детали ацетилено-кислородным, газокислородным или кислородно-керосиновым пламенем до температуры закалки с последующим охлаждением водой или эмульсией.

*Закалка в электролите.* Процесс закалки в электролите заключается в следующем: в ванну с электролитом (5–10% раствор кальцинированной соли) опускают закаливаемую деталь и пропускают ток напряжением 220–250 В. В результате чего происходит нагрев детали до высоких температур. Охлаждение детали производят или в том же электролите (после выключения тока) или в специальном закалочном баке.

**Термомеханическая обработка**

Термомеханическая обработка (Т.М.О.) – новый метод упрочнения металлов и сплавов при сохранении достаточной пластичности, совмещающий пластическую деформацию и упрочняющую термическую обработку (закалку и отпуск). Различают три основных способа термомеханической обработки.

*Низкотемпературная термомеханическая обработка (Н.Т.М.О)* основана на ступенчатой закалке, то есть пластическая деформация стали осуществляется при температурах относительной устойчивости аустенита с последующей закалкой и отпуском.

*Высокотемпературная термомеханическая обработка* *(В.Т.М.О) при этом* пластическую деформацию проводят при температурах устойчивости аустенита с последующей закалкой и отпуском.

*Предварительная термомеханическая обработка (П.Т.М.О)* деформация при этом может осуществляться при температурах Н.Т.М.О и В.Т.М.О или при температуре 20ºС. Далее осуществляется обычная термическая обработка: закалка и отпуск.

**Назначение и виды химико-термической обработки**

Химико-термической обработкой называют процесс, представляющий собой сочетание термического и химического воздействия с целью изменения состава, структуры и свойств поверхностного слоя стали.

Цель химико-термической обработки: повышение поверхностной твердости, износостойкости, предела выносливости, коррозионной стойкости, жаростойкости (окалиностойкости), кислотоустойчивости.

Наибольшее применение в промышленности получили следующие виды химико-термической обработки: цементация; нитроцементация; азотирование; цианирование; диффузионная металлизация.

***Цементация*** – это процесс поверхностного насыщения углеродом, произведенный с целью поверхностного упрочнения деталей.

В зависимости от применяемого карбюризатора цементация подразделяется на три вида: цементация твердым карбюризатором; газовая цементация (метан, пропан, природный газ).

*Газовая цементация*. Детали нагревают до 900–950ºС в специальных герметически закрытых печах, в которые непрерывным потоком подают цементующий углеродосодержащий газ [естественный (природный) или искусственный].

Процесс *цементации в твердом карбюризаторе* заключается в следующем. Детали, упакованные в ящик вместе с карбюризатором (смесь древесного угля с активизатором), нагревают до определенной температуры и в течении длительного времени выдерживают при этой температуре, затем охлаждают и подвергают термической обработке.

Цементации любым из рассмотренных выше способов подвергаются детали из углеродистой и легированной стали с содержанием углерода не более 0,2%. Цементация легированных сталей, содержащих карбидообразующие элементы Cr, W, V, дает особо хорошие результаты: у них, кроме повышения поверхностной твердости и износостойкости, увеличивается также предел усталости.

***Азотирование*** – это процесс насыщения поверхностного слоя различных металлов и сплавов, стальных изделий или деталей азотом при нагреве в соответствующей среде. Повышается твердость поверхности изделия, выносливости, износостойкости, повышение коррозионной стойкости.

***Цианирование*** – .насыщение поверхностного слоя изделий одновременно углеродом и азотом.

В зависимости от используемой среды различают цианирование: в твердых средах; в жидких средах; в газовых средах.

В зависимости от температуры нагрева цианирование подразделяется на низкотемпературное и высокотемпературное.

*Цианирование в жидких средах* производят в ваннах с расплавленными солями.

*Цианирование в газовых средах (нитроцементация*). Процесс одновременного насыщения поверхности детали углеродом и азотом. Для этого детали нагревают в среде, состоящей из цементующего газа и аммиака, то есть нитроцементация совмещает в себе процессы газовой цементации и азотирования.

**Диффузионное насыщение металлами и металлоидами**

Существуют и применяются в промышленности способы насыщения поверхности деталей различными металлами (алюминием, хромом и др.) и металлоидами (кремнием, бором и др.) Назначение такого насыщения – повышение окалиностойкости, коррозионностойкости, кислотостойкости, твердости и износостойкости деталей. В результате поверхностный слой приобретает особые свойства, что позволяет экономить легирующие элементы.

***Алитирование*** – процесс насыщения поверхностного слоя стали алюминием для повышения жаростойкости (окалиностойкости) и сопротивления атмосферной коррозии.

Алитирование проводят в порошкообразных смесях, в ваннах с расплавленным алюминием, в газовой среде и распыливанием жидкого алюминия.

***Хромирование***– процесс насыщения поверхностного слоя стали хромом для повышении коррозионной стойкости и жаростойкости, а при хромировании высокоуглеродистых сталей – для повышения твердости и износостойкости.

***Силицирование*** – процесс насыщения поверхностного слоя детали кремнием для повышения коррозионной стойкости и кислотостойкости. Силицированию подвергают детали из низко- и среднеуглеродистых сталей, а также из ковкого и высокопрочного чугунов.

***Борирование*** – процесс насыщения поверхностного слоя детали бором. Назначение борирования – повысить твердость, сопротивление абразивному износу и коррозии в агрессивных средах, теплостойкость и жаростойкость стальных деталей. Существует два метода борирования: жидкостное электролизное и газовое борирование.

***Сульфидирование***– процесс насыщения поверхностного слоя стальных деталей серой для улучшения противозадирных свойств и повышения износостойкости деталей.

***Сульфоцианирование*** – процесс поверхностного насыщения стальных деталей серой, углеродом и азотом. Совместное влияние серы и азота в поверхностном слое металла обеспечивает более высокие противозадирные свойства и износостойкость по сравнению насыщение только серой.

**Термическая обработка чугуна**

Термическую обработку чугунов проводят с целью снятия внутренних напряжений, возникающих при литье и вызывающих с течением времени изменения размеров и формы отливки, снижения твердости и улучшения обрабатываемости резанием, повышения механических свойств. Чугун подвергают отжигу, нормализации, закалке и отпуску, а также некоторым видам химико-термической обработки (азотированию, алитированию, хромированию).

***Отжиг для снятия внутренних напряжений***. Этому отжигу подвергают чугуны при следующих температурах: серый чугун с пластинчатым графитом 500 – 570ºС; высокопрочный чугун с шаровидным графитом 550 – 650ºС; низколегированный чугун 570 – 600ºС; высоколегированный чугун 620 – 650ºС. При этом отжиге фазовых превращении не происходит, а снимаются внутренне напряжения, повышается вязкость, исключается коробление и образование трещин в процессе эксплуатации.

***Смягчающий отжиг (отжиг графитизирующий низкотемпературный).*** Проводят для улучшения обрабатываемости резанием и повышения пластичности. Его осуществляют продолжительной выдержкой при 680 – 700ºС или медленным охлаждением отливок при 760 – 700ºС. Для деталей сложной конфигурации охлаждение медленное, а для деталей простой формы – ускоренное.

***Отжиг графитизирующий***, в результате которого из белого чугуна получают ковкий чугун.

***Нормализацию*** применяют для увеличения связанного углерода, повышения твердости, прочности и износостойкости серого, ковкого и высокопрочного чугунов. При нормализации чугун (отливки) нагревают выше температур интервала превращения 850 – 950ºС и после выдержки, охлаждают на воздухе.

***Закалке*** подвергают серый, ковкий и высокопрочный чугун для повышения твердости, прочности и износостойкости. По способу выполнения закалка чугуна может быть объемной непрерывной, изотермической и поверхностной.

При *объемной непрерывной закалке* чугун нагревают до температуры 850 – 950ºС. Затем выдерживают для прогрева и полного растворения углерода. Охлаждение осуществляют в воде или масле. После закалки проводят отпуск при температуре 200 – 600ºС. В результате повышается твердость, прочность и износостойкость чугуна.

При *изотермической закалке* чугуны нагревают так же, как и при объемнойнепрерывно*й* закалке, выдерживают от 10 до 90 минут и охлаждают в расплавленной соли при 200 – 400ºС, и после выдержки охлаждают на воздухе.

*Поверхностная закалка* с нагревом поверхностного слоя кислородно – ацетиленовым пламенем, токами высокой частоты или в электролите. Температура нагрева 900 – 1000ºС. Охлаждение в воде, масле или масляной эмульсии.

***Старение*** применяют для стабилизации размеров литых чугунных деталей, предотвращения коробления и снятия внутренних напряжений. Обычно старении проводят после грубой механической обработки. Различают два вида старения: естественное и искусственное.

*Естественное старении* осуществляется на открытом воздухе или в помещении. Изделия после литья выдерживаются в течении 6 – 15 месяцев.

*Искусственное старение* осуществляется при повышенных температурах; длительность – несколько часов. При искусственном старении отливки чугуна загружают в печь, нагретую до 100 – 200º С, нагревают до температуры 550 – 570ºС со скоростью 30 – 60ºС в час, выдерживаю 3 – 5 часов и охлаждают вместе с печью со скоростью 20 – 40ºС в час до температуры 150 – 200ºС, а затем охлаждают на воздухе.

Химико-термическая обработка чугуна

Для повышения поверхностной твердости и износостойкости серые чугуны подвергают азотированию. Чаще азотируют серые перлитные чугуны, легированные хромом, молибденом, алюминием. Температура азотирования 550 – 580ºС, время выдержки 30 – 70 часов. Кроме азотирования, повышения поверхностной твердости и износостойкости легированного серого перлитного чугуна можно достигнуть газовым и жидкостным цианированием при температуре 570ºС. Для повышения жаростойкости чугунные отливки можно подвергать алитированию, а для получения высокой коррозионной стойкости в кислотах – силицированию.

**Термическая обработка сплавов цветных металлов**

**Алюминиевые сплавы**

Алюминиевые сплавы подвергаются трем видам термической обработки: отжигу, закалке и старению. Основными видами ***отжига*** являются: диффузионный, рекристаллизационный и термически упрочненных сплавов.

*Гомогенизацию* применяют для выравнивания химической микронеоднородности зерен твердого раствора. Для выполнения гомогенизации алюминиевые сплавы нагревают до 450 – 520ºС и выдерживают при этих температурах от 4 до 40 часов; после выдержки – охлаждение вместе с печью или на воздух. В результате этого структура становится более однородной и повышается пластичность.

*Рекристаллизационный отжиг* для алюминия и сплавов на ег основе применяют гораздо шире, чем для стали. Это объясняется тем, что такие металлы, как алюминий и медь, а так же многие сплавы на их основе, не упрочняются закалкой и повышение механических свойств может быть достигнуто только холодной обработкой давлением, а промежуточной операцией при такой обработке является рекристаллизационный отжиг. Температура рекристаллизационного отжига алюминиевых сплавов 300 – 500ºС выдержка 0,5 – 2 часа.

*Отжиг термически упрочненных сплавов* применяют для полного снятия упрочнения, он проводится при температурах 350 – 450ºС с выдержкой 1 – 2 часа и последующим достаточно медленным охлаждением.

После ***закалки*** прочность сплава несколько повышается, а пластичность не изменяется. После закалки алюминиевые сплавы подвергают ***старению***, при котором происходит распад пересыщенного твердого раствора.

Деформируемые алюминиевые сплавы

В закаленном состоянии дуралюмины пластичны и легко деформируются. После закалки и естественного или искусственного старения прочность дуралюмина резко повышается.

Литейные алюминиевые сплавы

Для литейных алюминиевых сплавов используют различные виды термической обработки в зависимости от химического состава. Для упрочнения литейные алюминиевые сплавы подвергают закалке с получением пересыщенного твердого раствора и искусственному старению, а также только закалке без старения с получением в закаленном состоянии устойчивого твердого раствора.

**Магниевые сплавы**

Магниевые сплавы, так же как и алюминиевые, подвергают отжигу, закалке и старению. Для выравнивания химической микронеоднородности зерен твердого раствора путем диффузии слитки магниевых сплавов подвергают *гомогенизации* при температурах 350 – 400ºС с выдержкой 18 – 24 часа. Полуфабрикаты деформируемых магниевых сплавов подвергают *рекристаллизационному отжигу* при температуре ≈ 350ºС, а также при боле низких температурах 150 – 250ºС отжигу для снятия остаточных напряжений.

Магниевые сплавы подвергают *закалке*, или *закалке* и *искусственному старению*. При температуре 20С в закаленных магниевых сплавах никаких изменений не происходит, то есть они не подвержены естественному старению.

**Медь и медные сплавы**

*Термическая обработка меди*. Деформирование меди сопровождается повышением ее прочности и понижением пластичности. Для повышения пластичности медь подвергают рекристаллизационному отжигу при 500 – 600ºС, в результате которого пластичность резко повышается, а прочность снижается.

*Термическая обработка латуней*. Они подвергаются только рекристаллизационному отжигу при 600 – 700ºС (для снятия наклепа). Охлаждают латуни при отжиге на воздухе или для ускорения охлаждения и лучшего отделения окалины в воде. Для латунных деталей, имеющих после деформации остаточные напряжения, в условиях влажной атмосферы характерно явление самопроизвольного растрескивания. Чтобы этого избежать латунные детали подвергают низкотемпературному отжигу при 200 – 300 С, в результате чего остаточные напряжения снимаются, а наклеп остается. Низкотемпературному отжигу особенно необходимо подвергать алюминиевые латуни, которые склонны к самопроизвольному растрескиванию.

*Термическая обработка бронз*. Для выравнивания химического состава бронзы подвергают гомогенизации при 700 – 750ºС с последующим быстрым охлаждением. Для снятия внутренних напряжений отливки отжигают при 550ºС. Для восстановления пластичности между операциями холодной обработки давлением подвергают рекристаллизационному отжигу при 600 – 700ºС.

*Алюминиевые бронзы* с содержанием алюминия от 8 до 11%, испытывающие при нагреве и охлаждении фазовую перекристаллизацию, могут подвергаться *закалке.* В результате закалки повышается прочность и твердость, но снижается пластичность. После закалки следует *отпуск* при 400 – 650º С в зависимости о требуемых свойств. Также подвергают *гомогенизации,* а деформируемые полуфабрикаты – *рекристаллизационному отжигу* при 650 – 800ºС.

*Бериллиевую бронзу* *закаливают* в воде от температуры 760 – 780ºС; при это избыточная фаза выделиться не успевает, и после закалки сплав состоит из пересыщенного твердого раствора и обладает небольшой твердостью и прочностью и большой пластичностью. После закалки проводится *отпуск* (старение) при 300 – 350ºС выдержкой 2 часа. Для повышения устойчивости пересыщенного твердого раствора и облегчения закалки бериллиевые бронзы дополнительно *легируют никелем*.

**Титановые сплавы**

Титановые сплавы подвергают рекристаллизационному отжигу и отжигу с фазовой перекристаллизацией, атак же упрочнению термической обработкой – закалкой и старением. Для повышения износостойкости и задиростойкости титановые сплавы подвергают азотированию, цементации или окислению.

*Рекристаллизационный отжиг* применяют для титана и сплавов для снятия наклепа после холодной обработки давлением. Температура рекристаллизационного отжига 520 – 850ºС в зависимости от химического состава сплава и вида полуфабриката.

*Отжиг с фазовой перекристаллизацией* применяют с целью снижения твердости, повышения пластичности, измельчения зерна, устранения структурной неоднородности. Применяют простой, изотермический и двойной отжиг; температура нагрева при отжиге 750 – 950ºС в зависимости от сплава.

При *изотермическом отжиге* после выдержки при температуре отжига детали охлаждают до 500 – 650ºС (в зависимости от сплава) в той же печи иди переносят в другую печь и выдерживают определенное время, и охлаждают на воздухе. При изотермическом отжиге сокращается продолжительность отжига, а пластичность получается более высокой.

При *двойном отжиге* детали нагревают до температуры отжига, выдерживают и охлаждают на воздухе. Затем повторно нагреваю до 500 – 650ºС, выдерживают и охлаждают на воздухе. Двойной отжиг по сравнению с изотермическим повышает предел прочности при незначительном снижении пластичности и сокращает длительность обработки.

Из всех видов химико-термической обработки титановых сплавов наибольшее распространение получило азотирование, осуществляемое в среде азота или в смеси азота и аргона при температурах 850 – 950 С в течении 10 – 50 часов. Детали из титановых сплавов после азотирования обладают хорошими антифрикционными свойствами.

**Заключение**

Термическая обработка является одной из основных, наиболее важных операций общего технологического цикла обработки, от правильного выполнения которой зависит качество (механические и физико-химические свойства) изготовляемых деталей машин и механизмов, инструмента и другой продукции. Разработаны и рационализированы технологические процессы термической обработки серых и белых чугунов, сплавов цветных металлов

Перспективным направлением совершенствования технологии термической обработки является установка агрегатов для термической обработки в механических цехах, создание автоматических линий с включением в них процессов термической обработки, а также и разработка методов, обеспечивающих повышение прочностных свойств деталей, их надежности и долговечности.

**Литература**

1. Б.В. Захаров. В.Н. Берсенева «Прогрессивные технологические процессы и оборудование при термической обработке металлов» М. «Высшая школа» 1988 г.
2. В.М. Зуев «Термическая обработка металлов» М. Высшая школа 1986 г.
3. Б.А. Кузьмин «Технология металлов и конструкционные материалы» М. «Машиностроение» 1981 г.
4. В.М. Никифоров «Технология металлов и конструкционные материалы» М. «Высшая школа» 1968 г.
5. А.И. Самохоцкий Н.Г. Парфеновская «Технология термической обработки металлов» М. Машиностроение 1976 г.