

Курс лекций по ОП-04. Материаловедению для гр.4-18-1

Урок № 29 Превращения в сплавах при нагреве и охлаждении

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.

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 20°C. Далее осуществляется обычная термическая обработка: закалка и отпуск.

Урок № 30 Дефекты термической обработки

Термическая обработка проката – эффективный прием улучшения эксплуатационных показателей различных сталей и сплавов. Различные виды термообработки адаптированы под достижение конкретных результатов. Например, термическая обработка стыков после сварки выполняется методами поверхностной закалки ТВЧ, а для изменения структуры и состава поверхностных слоев стали используется её химико-термическая обработка.



Для обеспечения необходимого качества рассматриваемых технологий необходимо своевременно и эффективно предотвращать возможные дефекты термической обработки.

1. [Виды термообработки сталей](#)
2. [Дефекты](#)
3. [Способы исправления брака](#)

Виды термообработки сталей

В зависимости от характера термического воздействия на металл, и способов введения дополнительной энергии в его структуру различают следующие основные виды термической обработки:

1. Отжиг – применяется с целью улучшения последующей деформации заготовок, и обеспечивает им равновесную мелкозернистую структуру. В свою очередь, отжиг может быть высоко- и низкотемпературным.
2. Закалка – придает деталям повышенную твердость и механическую прочность. Выполняется в электрических или пламенных нагревательных устройствах, подразделяется на поверхностную и объемную.
3. Отпуск – выполняется, как правило, после закалки, и обеспечивает плавное снижение прочностных показателей стали по мере удаления от поверхности. В результате снимаются термические напряжения, приводящие к короблению деталей.
4. Нормализация – заключается в исправлении неблагоприятной структуры стали и улучшения ее последующей обрабатываемости резанием.
5. Улучшение – выполняется для придания стальным деталям оптимального сочетания прочности и вязкости, что существенно, если изделие работает при значительных динамических нагрузках.



Менее распространены, но также используются: старение (стабилизация структуры термообработанной стали), обработка холодом (обеспечивает деталям повышенную точность), а также комбинированные процессы, сочетающие термообработку с деформацией стали, насыщением ее поверхности другими элементами и так далее.

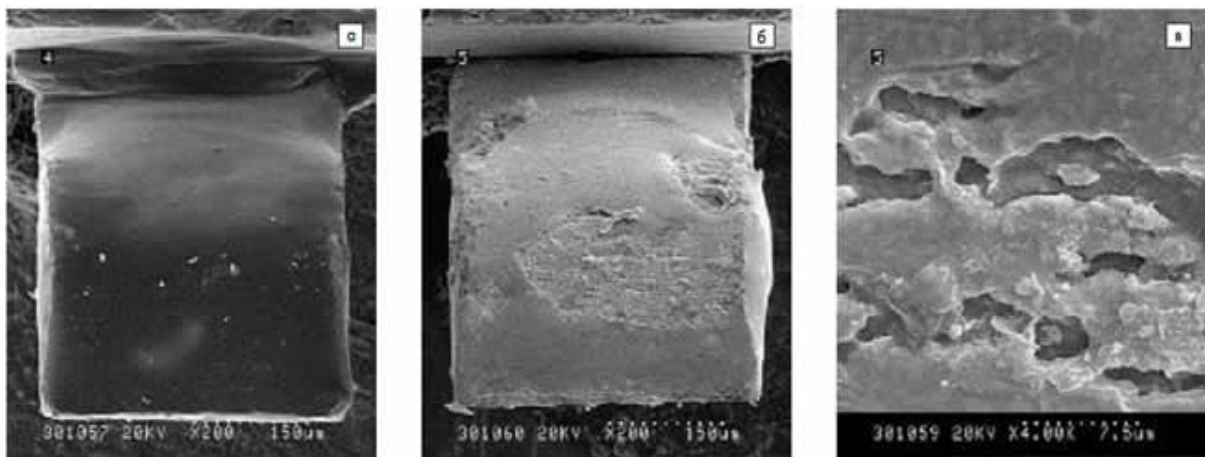
Дефекты

Дефекты, возникающие при термической обработке стали, принято подразделять на два вида: обратимые и необратимые. В первом случае, их можно «снять» дополнительной тепловой обработкой заготовки, во втором – изделие является браком, и далее подлежит переплавке.

К первой группе относится перегрев – нагрев стали до температуры выше 1250...11000С (меньшие значения – для сталей с повышенным содержанием углерода). Дефект усугубляется, если к тому же увеличить время выдержки заготовки при таких температурах. В перегретом металле начинается интенсивный рост зерен, сопровождающийся неблагоприятным изменением их формы. У высокоуглеродистых сталей на фоне такой структуры дополнительно появляются грубые игольчатые формы цементита Fe_3C . В результате механические свойства стали резко падают, причем особенно интенсивно у перегретого изделия уменьшаются показатели ударной вязкости. Такие заготовки разрушаются при попытке любой механической их обработки (а также обработки давлением со сколько-нибудь значительными степенями деформаций).

Перегрев стали можно устранить. Для этого применяют отжиг до температур, на 40...600С превышающих температуру начала аустенитного превращения. После некоторой выдержки заготовки медленно охлаждают вместе с печью. В теплое время года возможно охлаждение на спокойном воздухе (без сквозняков и искусственных воздушных потоков). В результате зерна становятся мельче, приобретают округлую форму, а металлу возвращаются его прежние физико-механические характеристики.

Необратимым дефектом термообработки является пережог. Он возникает при нагреве стали до температур ниже температуры начала плавления на $50 \dots 1000^\circ\text{C}$. При таких температурах неметаллические включения в стали, располагающиеся всегда по границам зёрен – сера и фосфор – плавятся. Этому сопутствует также интенсивное окисление, которое проходит по границам зерен. Пережженный металл полностью теряет свою пластичность, следствием чего является появление рваных трещин при последующей ковке или прокатке. Восстановить исходную структуру такой стали невозможно.



Способы исправления брака

Кроме основных дефектов, каждому виду термической обработки свойственны и локальные. Во многих случаях они устранимы. Типовые дефекты термической обработки стали могут быть сведены к следующим:

- Несоответствие твердости обработанного изделия. Возникает при нарушении заданного режима: например, при повышенной/пониженной скорости охлаждения, недостаточном времени выдержки заготовки в печи или в результате нагрева до более низких/высоких температур.
Исправляется повторной термообработкой;
- Появление сетки карбидных включений. Вызывается перегревом стали и устраняется выполнением нормализации металла, либо многократной перековкой заготовки;

- Трещинообразование, вызванное растрескиванием стальной заготовки из-за возникших в ней высоких термических напряжений при мартенситном превращении. Сталь становится хрупкой, излом имеет ярко выраженный крупнозернистый характер. Проявляется при превышении допустимых скоростей охлаждения металла при закалке. Исправить такой брак невозможно;
- Обезуглероживание: выгорание цементита в поверхностных слоях стали с одновременным образованием высокотемпературного оксида железа FeO. Происходит при слишком длительной выдержке нагретой заготовки в печи, либо при использовании пламенных нагревательных устройств с неконтролируемой атмосферой. Брак исправим лишь частично: заготовки можно подвергнуть нормализации, но марка стали при этом изменится в сторону снижения процентного содержания углерода. Нагрев следует вести в электропечах, либо в печах безокислительного нагрева;
- Неравномерная твердость по поверхности или сечению. Дефект связан с некачественным отпуском (например, использованием загрязненной включениями охлаждающей среды или касанием заготовок друг друга в отпускной емкости). Дефект устраняется последующей нормализацией и закалкой с применением более интенсивной охлаждающей среды, в частности, воды или водного раствора NaCl;
- Механическая деформация или коробление термообработанных изделий. Устраняется их правкой на гидравлических прессах, а – при необходимости – применением повторной термообработки, но с более медленной скоростью охлаждения.

Курс лекций по ОП-04. Материаловедению для гр.4-18-1

Урок № 31-32 Химико-термическая обработка металлов и сплавов

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 900–950°C 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 течение 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 повышения 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 с насыщением только серой.

Урок № 33-34 Термическая обработка стали и 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 – 570°C; высокопрочный чугун с шаровидным графитом 550 – 650°C; низколегированный чугун 570 – 600°C; высоколегированный чугун 620 – 650°C. При этом отжиге фазовых превращении не происходит, а снимаются внутренние 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 – 700°C или медленным охлаждением отливок при 760 – 700°C. 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 – 950°C 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 – 950°C. Затем выдерживают для прогрева и полного растворения углерода.

Охлаждение осуществляют в воде или масле. После закалки проводят отпуск при температуре 200 – 600°С. В результате повышается твердость, прочность и износостойкость чугуна.

При изотермической закалке чугуны нагревают так же, как и при объемной непрерывной закалке, выдерживают от 10 до 90 минут и охлаждают в расплавленной соли при 200 – 400°С, и после выдержки охлаждают на воздухе.

Поверхностная закалка с нагревом поверхностного слоя кислородно – ацетиленовым пламенем, токами высокой частоты или в электролите.

Температура нагрева 900 – 1000°С. Охлаждение в воде, масле или масляной эмульсии.

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

Естественное старение 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 – 200°С, нагревают до температуры 550 – 570°С со скоростью 30 – 60°С в час, выдерживают 3 – 5 часов и охлаждают вместе с печью со скоростью 20 – 40°С в час до температуры 150 – 200°С, а затем охлаждают на воздухе. Для повышения поверхностной твердости и износостойкости серые чугуны подвергают азотированию. Чаще азотируют серые перлитные чугуны, легированные хромом, молибденом, алюминием. Температура азотирования 550 – 580°С, время выдержки 30 – 70 часов. Кроме азотирования, повышения поверхностной твердости и износостойкости легированного серого перлитного чугуна можно достигнуть газовым и жидкостным цианированием при температуре 570°С. Для повышения жаростойкости чугунные отливки

можно подвергать алитированию, а для получения высокой коррозионной стойкости в кислотах – силицированию.

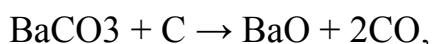
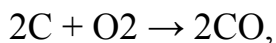
Цементация стали. Цементацией называется процесс диффузионного насыщения поверхностного слоя стальных деталей углеродом.

Цель цементации — получение на поверхности детали высокой твердости и износостойкости в сочетании с вязкой сердцевиной. На цементацию поступают механически обработанные детали с припуском на шлифование 0,05—0,10 мм.

Цементации подвергают стали с низким содержанием углерода 0,1—0,2 %. На поверхности концентрация углерода достигает 1,0 %. Глубина цементованного слоя (при содержании углерода порядка 0,4 %) обычно лежит в пределах 0,5—2,5 мм. Для достижения высокой твердости поверхности и вязкой сердцевины после цементации всегда проводится закалка с низким отпуском.

Различают два основных вида цементации; в твердой и газовой средах. Среда, поставляющая углерод к поверхности детали, подвергаемой цементации, называется карбюризатором.

Твердая цементация производится в специальных стальных ящиках, в которых детали укладываются попеременно с карбюризатором. Ящики закрываются крышками и замазываются огнеупорной глиной для предотвращения утечки газов. В качестве твердого карбюризатора используют дубовый или березовый древесный уголь и активизаторы BaCO_3 или Na_2CO_3 . При нагреве до температуры 930—950 °С идут реакции:



Образующиеся активные атомы углерода диффундируют в решетку γ -железа. Процесс цементации в твердом карбюризаторе проводят выше Ac_3 , когда сталь находится в аустенитном состоянии, в котором растворимость углерода выше. В течение 8—10 ч образуется слой толщиной около 1 мм.

Газовая цементация является основным процессом массового производства. Стальные детали нагревают в газовых смесях, содержащих CO, CH₄ и др. Газовая цементация проходит быстрее, так как не требует времени на прогрев ящика и карбюризатора. Слой толщиной 1 мм образуется за 6—7 ч. 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.

Урок № 37 Общие сведения о конструкционных материалах

Технология конструкционных материалов представляет собой комплексную дисциплину, которая содержит основные сведения о способах получения металлических и неметаллических конструкционных материалов, их свойствах и методах обработки при получении заготовок, готовых деталей или изделий различного назначения. Успешное изучение ряда специальных дисциплин, а также дальнейшая деятельность студентов многих специальностей может стать успешной лишь при усвоении этих вопросов.

В технике применяют большое число различных металлов, которые можно разделить на черные и цветные. К первым относят железо и его сплавы, ко вторым — все остальные металлы и их сплавы.

Черные металлы представляют собой сложные сплавы железа с углеродом, кремнием, марганцем, серой, фосфором и другими элементами. Однако основным элементом, оказывающим главное влияние на свойства этих металлов, является углерод. В зависимости от его содержания сплавы делят на стали и чугуны.

Стальями называют сплавы железа с углеродом, в которых углерода содержится до 2,14%, а чугунами — свыше 2,14%.

Цветные металлы подразделяют на тяжелые (медь, свинец, олово, никель и др.), легкие (алюминий, магний и др.), редкие (молибден, вольфрам,

ванадий и др.) и благородные (золото, платина, серебро). Цветные металлы обладают многими ценными свойствами, но их мало и они дороги и во всех случаях, когда это допустимо, цветные металлы заменяют черными металлами, пластмассами и синтетическими материалами.

Все тела состоят из атомов. Тела, в которых атомы расположены беспорядочно, называют *аморфными* (стекло, воск, смола и др.). *Кристаллические тела*, к которым относятся все металлы и металлические сплавы, характеризуются упорядоченным расположением атомов. В них атомы находятся в узлах пространственных кристаллических решеток.

Аморфные тела *изотропны*, то есть имеют одинаковые свойства по всем направлениям. Кристаллические тела анизотропны: у них неоднородные свойства в разных геометрических направлениях. В связи с этим физические и механические свойства одного кристалла могут изменяться в зависимости от того, в каком направлении эти свойства определяют.

Металлические изделия, состоящие из огромного числа кристаллов, представляют собой поликристаллические тела. Произвольность ориентировки каждого кристалла приводит к тому, что свойства оказываются практически одинаковыми во всех направлениях.

В процессе кристаллизации металлов и сплавов могут образовываться кристаллические решетки разного типа. Наиболее распространенными являются объемно-центрированная кубическая, гранецентрированная кубическая и гексагональная решетки (рис. 1).

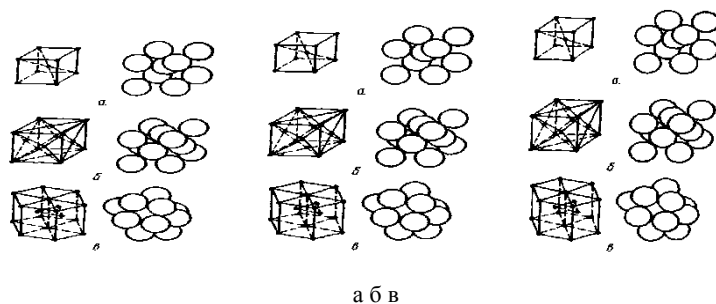


Рис.1. Расположение атомов в кристаллических решетках:

а - объемно-центрированная кубическая; б - гранецентрированная кубическая; в - гексагональная

Решетку объемно-центрированного куба имеют многие металлы, например Cr, Fe, Pb, W; гранецентрированную кубическую решетку - Al, Ni, Cu; гексагональную решетку — Mg, Zn, Ti.

Некоторые металлы (железо, марганец и др.) в зависимости от температуры нагрева могут иметь кристаллические решетки различного строения и, следовательно, обладать различными свойствами. Это явление называют *аллотропией*.

К металлам, не претерпевающим аллотропических превращений в твердом состоянии при нагревании и охлаждении, относятся алюминий, магний, медь и др. Большое количество технически важных металлов (олово, цинк, никель, и др.) подвержено аллотропическим изменениям.

Урок № 38 Виды конструкционных материалов

Конструкционные стали.

1. Легированные стали
2. Влияние элементов на полиморфизм железа
3. Влияние легирующих элементов на превращения в стали
4. Влияние легирующих элементов на превращение перлита в аустенит.
5. Влияние легирующих элементов на превращение переохлажденного аустенита.
6. Влияние легирующих элементов на мартенситное превращение
7. Влияние легирующих элементов на превращения при отпуске.
8. Классификация легированных сталей

Конструкционные стали.

К конструкционным сталям, применяемым для изготовления разнообразных деталей машин, предъявляют следующие требования:

- сочетание высокой прочности и достаточной вязкости
- хорошие технологические свойства
- экономичность
- недефицитность

Высокая конструкционная прочность стали, достигается путем рационального выбора химического состава, режимов термической обработки, методов поверхностного упрочнения, улучшением металлургического качества.

Решающая роль в составе конструкционных сталей отводится углероду. Он увеличивает прочность стали, но снижает пластичность и вязкость, повышает порог хладоломкости. Поэтому его содержание регламентировано и редко превышает 0,6 %.

Влияние на конструкционную прочность оказывают легирующие элементы. Повышение конструкционной прочности при легировании связано с обеспечением высокой прокаливаемости, уменьшением критической скорости закали, измельчением зерна.

Применение упрочняющей термической обработки улучшает комплекс механических свойств.

Металлургическое качество влияет на конструкционную прочность. Чистая сталь при одних и тех же прочностных свойствах имеет повышенные характеристики надежности.

Легированные стали

Элементы, специально вводимые в сталь в определенных концентрациях с целью изменения ее строения и свойств, называются *легирующими элементами*, а стали – *легированными*.

Содержание легирующих элементов может изменяться в очень широких пределах: хром или никель – 1% и более процентов; ванадий, молибден, титан, ниобий – 0,1... 0,5%; также кремний и марганец – более 1 %. При содержании легирующих элементов до 0,1 % – микролегирование.

В конструкционных сталях легирование осуществляется с целью улучшения механических свойств (прочности, пластичности). Кроме того меняются физические, химические, эксплуатационные свойства.

Легирующие элементы повышают стоимость стали, поэтому их использование должно быть строго обоснованно.

Достоинства легированных сталей:

- особенности обнаруживаются в термически обработанном состоянии, поэтому изготавливаются детали, подвергаемые термической обработке;
- улучшенные легированные стали обнаруживают более высокие показатели сопротивления пластическим деформациям (σ_T);
- легирующие элементы стабилизируют аустенит, поэтому прокаливаемость легированных сталей выше;
- возможно использование более «мягких» охладителей (снижается брак по закалочным трещинам и короблению), так как тормозится распад аустенита;
- повышаются запас вязкости и сопротивление хладоломкости, что приводит к повышению надежности деталей машин.

Недостатки:

- подвержены обратимой отпускной хрупкости II рода;
- в высоколегированных сталях после закалки остается аустенит остаточный, который снижает твердость и сопротивляемость усталости, поэтому требуется дополнительная обработка;

- склонны к дендритной ликвации, так как скорость диффузии легирующих элементов в железе мала. Дендриты обедняются, а границы – междендритный материал – обогащаются легирующим элементом. Образуется *строчечная структура* послековки и прокатки, неоднородность свойств вдоль и поперек деформирования, поэтому необходим диффузионный отжиг.
- склонны к образованию флокенов.

Флокены – светлые пятна в изломе в поперечном сечении – мелкие трещины с различной ориентацией. Причина их появления – выделение водорода, растворенного в стали.

При быстром охлаждении от 200° водород остается в стали, выделяясь из твердого раствора, вызывает большое внутреннее давление, приводящее к образованию флокенов.

Меры борьбы: уменьшение содержания водорода при выплавке и снижение скорости охлаждения в интервале флокенообразования. Переход металлов и сплавов из жидкого состояния в твердое связан с их кристаллизацией. При температуре кристаллизации в жидком металле сначала образуются центры кристаллизации, причем их роль играют разные примеси и включения. После образования зародышей атомы жидкого металла, расположенные беспорядочно, начинают располагаться вокруг этих зародышей и образуют кристаллы правильной геометрической формы. Так как кристаллизация начинается одновременно во многих местах и рост кристаллов идет по всем направлениям, то смежные кристаллы, сталкиваясь между собой, мешают свободному росту каждого. Это приводит к тому, что кристаллы приобретают неправильную внешнюю форму, несмотря на их упорядоченное внутреннее строение. Кристаллы неправильной формы принято называть кристаллитами, или зернами.

В практических условиях кристаллизация с образованием геометрически правильных кристаллов происходит очень редко. Почти

всегда образуются кристаллические зерна или дендриты неправильной геометрической формы. Каждое зерно состоит из большого количества мелких кристаллических решеток, в которых атомы расположены закономерно. Дендриты представляют собой древовидные кристаллы.

Охлаждение и нагревание сплавов характеризуются (в отличие от чистых металлов) тем, что затвердевание и расплавление у них происходит не при одной определенной температуре, а в интервале температур. Начало затвердевания сплава соответствует температуре t_1 , а конец затвердевания — температуре t_2 .

Температуры, при которых происходят аллотропические и агрегатные превращения, называют критическими температурами или критическими точками.

Урок № 41-42 Стали и сплавы с особыми свойствами

К **сталям** и **сплавам** с особыми физическими **свойствами** относятся те, работоспособность которых оценивается не только по механическим, но и по ряду других (теплофизических, **магнитных**, электрических и др.) **свойств** требуемого уровня.

Стали и **сплавы** с особыми физическими **свойствами** часто называют *прецизионными*. **Прецизионные сплавы** -металлические **сплавы** с особыми физическими **свойствами** (магнитными, электрическими, тепловыми, упругими) или редким сочетанием свойств, уровень которых в значительной **степени** обусловлен точностью химического состава, отсутствием примесей, тщательностью изготовления и обработки.

Стали и **сплавы** с особыми физическими **свойствами** имеют очень широкий диапазон использования. Наибольшее распространение получили **стали** и **сплавы**:

- с заданным **температурным коэффициентом** линейного расширения;
- с высоким **электросопротивлением** (при повышенной жаростойкости);

· магнитные *стали* и *сплавы*.

Стали и сплавы с заданным температурным коэффициентом линейного расширения

Стали и сплавы с заданным температурным коэффициентом линейного расширения (ГОСТ 10994-74) предназначены для впаивания изделий на их основе в стеклянные и керамические корпуса вакуумных приборов.

Химический состав этих сплавов базируется на системе Fe+Ni + Co с небольшим количеством меди.

Точный состав каждого сплава устанавливается для конкретного вида стекла или керамики, используемых в изделиях, из условия равенства их температурных коэффициентов линейного расширения.

Например, сплав 29НК (29% Ni, 18% Co, остальное Fe) с $\alpha = (4,6...5,5) \cdot 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$, называемый *ковар*, предназначен для вакуумных впаев в молибденовые стекла. Для изготовления деталей, спаиваемых со стеклом (например, в телевизионных кинескопах), применяют более дешевые ферритные железохромистые сплавы 18ХТФ и 18ХМТФ, имеющие $\alpha = 8,7 \cdot 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$.

Особое место в сплавах с

заданным температурным коэффициентом линейного расширения занимают сплавы с малым коэффициентом, существенно не меняющимся в высокотемпературной области. Эти сплавы предназначены для изготовления деталей измерительных приборов и технических средств. Промышленное значение имеет сплав *инвар* на базе железа и никеля (36%) с небольшим (0,05%) количеством углерода. Для этого сплава величина температурного коэффициента линейного расширения $\alpha = 1.. 1,5 \cdot 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$, причем, изменение величины коэффициента при температурах 600...700°С происходит очень плавно за счет ферромагнитного эффекта.

Эти сплавы используют для деталей, впаиваемых в неорганические диэлектрики - стекло, керамику, слюду и др.

Стали и сплавы с высоким электросопротивлением

Стали и *сплавы* с высоким электросопротивлением (ГОСТ 10994-74)

должны сочетать высокое *сопротивление* (1,06... 1,47 мкОм·м, что более чем в 10 раз выше, чем у низкоуглеродистой стали) и

иметь *жаростойкость* 1000...1350°C. К

технологическим *свойствам* таких *сплавов* предъявляются требования

высокой пластичности, обеспечивающей хорошую *деформируемость* на

прутки, *полосу*, *проволоку* и *ленты*, в том числе малых сечений, а к

потребительским - малая величина температурного *коэффициента* линейного расширения. Для этих *сплавов* используются *системы* Fe + Cr + Al, Fe + Ni +

Cr и Ni + Cr. Их *микроструктура* представляет собой твердые *растворы* с

высоким содержанием легирующего элемента. Чем больше в *сплавах хрома* и алюминия, тем выше их жаростойкость.

Количество *углерода* в *сплавах* строго ограничивают (0,06...0,12%), так как появление *карбидов* снижает *пластичность* и сокращает срок эксплуатации изделий.

Наибольшее распространение в технике получили *сплавы* ферритного класса: Х13Ю4 (*фехраль*), ОХ23Ю5 (*хромель*) и ОХ27Ю5А.

Эти *сплавы* малопластичны, поэтому *изделия* из них, особенно крупные, следует выполнять при подогреве до

200...300°C. *сопротивление ползучести ферритных сплавов* невелико,

поэтому *нагреватели* при высоких (1150...1200°C) *температурах* нередко провисают под действием собственной массы.

Высоким *электросопротивлением* обладают *сплавы* на основе *никеля* -

Х20Н80 (*нихромы*). *Нихромы* с *железом* называют *ферронихромами*, напри-

мер, *сплав* Х15Н60, содержащий 25% Fe. Ферронихромы обладают более

высокими технологическими *свойствами* и дешевле, чем

нихромы. Стали и *сплавы* с высоким *электросопротивлением* предназначены

для изготовления деталей и элементов нагревательных приборов, реостатов, а также резисторов, терморезисторов, *тензодатчиков* и др.

Магнитные *стали* и *сплавы*

Магнитные *стали* и сплавы классифицируют на магнитно-твердые, магнитно-мягкие и парамагнитные.

Магнитно-твердые *стали* и сплавы (ГОСТ 17809-72) по своим потребительским *свойствам* характеризуются высокими коэрцитивной силой и остаточной *индукцией* и соответственно высокой *магнитной энергией* $(BrH_c)_{max}$.

По химическому *составу* промышленные магнитно-твердые *стали* и *сплавы* в порядке возрастания их коэрцитивной силы и *магнитной энергии* представляют собой:

- высокоуглеродистые *стали* (1,2... 1,4% C);
- высокоуглеродистые (1%С) *сплавы* железа с *хромом* (до 2,8%), легированные кобальтом;
- высокоуглеродистые *сплавы* железа, алюминия, *никеля* и кобальта, называемые *алнико*.

Легирующие элементы повышают, главным образом, коэрцитивную силу и *магнитную* энергию, а также улучшают *температурную* и механическую стабильности постоянного магнита.

В углеродистых магнитно-твердых *сталях* необходимые *свойства* ($J_r = 65 \text{ Э}$) обеспечиваются неравновесной *мартенситной структурой* с высокой *плотностью* дефектов. В *сплавах* железа с *хромом* (например, EX3) высокие потребительские *свойства* обеспечивают *магнитная* и кристаллографическая текстуры, получаемые в результате термообработки, включающей *нормализацию* и высокий *отпуск* или закалку и низкий отпуск. Наиболее высокие *свойства* ($H_c = 500 \text{ Э}$), достигаемые в *сплавах* алнико, реализуются за счет *выделения интерметаллида* NiAl и наличия *магнитной* и кристаллографической текстур. Для *сплавов* алнико используют при *термообработке* нагрев до 1300°C с последующим *охлаждением* со *скоростью* 0,5...5 °C/с в *магнитном* поле.

Обозначают магнитно-твердые **стали индексом "Е"**, указывая далее буквой с цифрой наличие **хрома** и его содержание в целых процентах (например, EX2, EX3).

Магнитно-твердые **стали** и **сплавы** используются для изготовления различного рода постоянных магнитов. В **промышленности** наиболее широко применяют **сплавы** типа *алнико* (ЮНДК15, ЮН14ДК25А, ЮНДК31ТЗБА и др.). Эти **сплавы** тверды, хрупки и не поддаются деформации, поэтому **магниты** из них изготавливают литьем. После **литья** проводят только шлифование.

*Магнитно-мягкие **стали** и сплавы* отличаются легкой намагничиваемостью в относительно слабых **магнитных** полях. Их основными потребительскими **свойствами** являются высокая **магнитная** проницаемость, низкая коэрцитивная сила, малые **потери** на вихревые токи и при перемагничивании. Эти **свойства** обеспечивает гомогенная (чистый **металл** или твердый раствор) структура, чистая от примесей.

Магнитно-мягкие **материалы** должны быть полностью рекристаллизованы для устранения внутренних напряжений, так как даже слабый **наклеп** существенно снижает **магнитную проницаемость** и повышает коэрцитивную силу. **Магнитная проницаемость** возрастает при **микроструктуре** из более крупных зерен.

По химическому составу промышленно применяемые магнитно-мягкие (электротехнические) **стали** и **сплавы** делятся на:

- низкоуглеродистые (0,05...0,005%С) с содержанием **кремния** 0,8...4,8%;
- сплавы железа с никелем.

В низкоуглеродистых **сталях** кремний, образуя с α -железом твердый раствор, увеличивает электрическое **сопротивление** и, следовательно, уменьшает **потери** на вихревые токи; кроме того, **кремний** повышает **магнитную проницаемость**, немного снижает коэрцитивную силу и **потери** на **гистерезис** вследствие вызываемого им роста зерна, графитизирующего действия и лучшего раскисления сталей.

Однако **кремний** понижает **индукцию** в сильных **магнитных** полях и повышает хрупкость, особенно при его содержании 3...4%.

Железоникелевые **сплавы** с содержанием **никеля** 36...83%, называемые *пермаллои*, обладают наиболее высокими потребительскими свойствами. Для улучшения тех или иных **характеристик** в их **состав** вводят **хром**, молибден, медь и др. Величина их **магнитной проницаемости** превосходит аналогичные **показатели** для низкоуглеродистых **сталей** в $15-10^3$ раз. Пермаллои - легко деформируемые сплавы. Однако **деформация** значительно ухудшает их первоначальные **магнитные** характеристики.

Для **восстановления свойств** проводят **термообработку** по строго разработанному режиму: **скорость** нагрева (до 900...1000°C), выдержка и **скорость** охлаждения. Применяют их в **аппаратуре**, работающей в слабых частотных полях (телефон, радио).

Для электротехнических **сталей** (ГОСТ 21427-75) принята маркировка, основанная на кодировании. В обозначении марки используют четыре цифры, причем, их значения соответствуют кодам, содержащим следующую информацию:

- *первый* - **структура материала** (по наличию и **степени** текстуры) и вид **прокатки** (горячая или холодная деформация);
- *второй* - химический **состав** по содержанию кремния;
- *третий* - величины потерь тепловых и на гистерезис;
- *четвертый* - значение нормируемого потребительского свойства.

Электротехнические **стали** изготавливают в виде **рулонов**, **листов** и резаной ленты. Они предназначены для изготовления магнитопроводов постоянного и переменного тока, якореi и полюсов электротехнических машин, **роторов**, статоров, **магнитных** цепей **трансформаторов** и др. *Парамагнитными* *сталями* являются **аустенитные стали** 12X18H10T, 17X18H9, 55Г9Н9ХЗ, 40Г14Н9Ф2 и др. Их химический **состав** базируется на **системе** Fe + Cr + Ni - rTi. Основными потребительскими **свойствами** являются немагнитность и

высокая прочность. Необходимая **прочность** достигается при деформационном и дисперсионном **упрочнении** изделий. К недостаткам этих **сталей** и **сплавов** следует отнести низкий **предел текучести** (150...350 МПа), что ограничивает область применения только малонагруженными конструкциями.

Парамагнитные **стали** и **сплавы** применяют для изготовления немагнитных деталей конструкций в электротехнике, приборостроении, судостроении и специальных областях техники. Повышение **износостойкости** деталей, работающих в узлах **трения** достигается **азотированием** (стали 40Г14Н9Ф2 и др.)

Урок №45 Износостойкие материалы

Сталь - важнейший конструкционный материал для машиностроения, транспорта, строительства и прочих отраслей народного хозяйства. В машиностроении потребляется около 40 % от производства стали в стране, и по числу марок конструкционные стали являются самыми многочисленными. Из всех известных в технике материалов лучшее сочетание прочности, надёжности и долговечности имеет сталь, поэтому она является основным материалом для изготовления ответственных изделий, подвергающихся большим нагрузкам. (работа была выполнена специалистами author24.ru)

Свойства стали зависят от её структуры и состава. Совместное воздействие термической обработки, которая изменяет структуру, и легирования - эффективный способ повышения комплекса механических характеристик стали. Правильный выбор сталей позволяет получать надежные в эксплуатации и экономичные детали машин. Строительные конструкционные стали применяются для изготовления металлических конструкций и сооружений, а также для арматуры железобетона. Капитальное строительство является вторым по масштабам после машиностроения потребителем стали. Эти стали должны иметь определенное сочетание прочностных и пластичных свойств, высокую вязкость,

коррозионную стойкость, малую склонность к хрупким разрушениям, а также обладать хорошими технологическими свойствами: свариваемость, обрабатываемость, способность к изгибу, плавке и т.д. Стали с высокими упругими свойствами находят широкое применение в машино- и приборостроении. В машиностроении их используют для изготовления рессор, амортизаторов, силовых пружин различного назначения, в приборостроении - для многочисленных упругих элементов: мембран, пружин, пластин реле, сильфонов, растяжек, подвесок. В настоящем реферате представлен обзор по различным видам конструкционных, инструментальных, высоколегированных и др. сталей.

Урок № 46 Материалы с высокими упругими свойствами

Работоспособность машин и агрегатов в значительной степени зависит от свойств материалов, которые характеризуются конкретными параметрами. Параметры материалов определяют с помощью опытных измерений, используя специальные технические средства. Требования к исследуемым стандартным образцам материалов (например, масса, габаритные размеры, чистота поверхности и др.) устанавливаются соответствующими Государственными стандартами.

Механические свойства материалов характеризуют возможность их использования в изделиях, эксплуатируемых при воздействии внешних нагрузок.

Основными показателями свойств материалов являются:

- прочность;
- твердость;
- триботехнические характеристики.

Их параметры существенно зависят от формы, размеров и состояния поверхности образцов, а также режимов испытаний (скорости нагружения, температуры, воздействия окружающих сред и других факторов).

Прочность - свойство материалов сопротивляться разрушению, а также необратимому изменению формы под действием внешних нагрузок. Она обусловлена силами взаимодействия атомных частиц, составляющих материал.

Если при растяжении образца сила внешнего воздействия на пару атомов превосходит силу их притяжения, то атомы будут удаляться друг от друга. Напряжение, возникающее в материале и отвечающее силе межатомного притяжения, соответствует теоретической прочности.

При возникновении в материале локального напряжения больше теоретической прочности произойдет разрыв материала по этому участку. В результате образуется трещина. Рост трещин продолжается, пока в результате их слияния одна из трещин не распространится на все сечение образца и не произойдет его разрушение.

Деформирование - изменение относительного расположения частиц в материале (растяжение, сжатие, изгиб, кручение, сдвиг). Таким образом, деформация - изменение формы и размеров изделия или его частей в результате деформирования. Деформацию называют упругой, если она исчезает после снятия нагрузки, или пластичной, если она не исчезает (необратима).

Реальные материалы обладают технической прочностью, основные характеристики которой удобно рассмотреть с помощью диаграммы растяжения образца из пластичного материала (рис.1).

Предел упругости - напряжение, при котором остаточные деформации (т.е. деформации, обнаруживаемые при разгрузке образца) достигают значения, установленного техническими условиями. Предел упругости σ_y ограничивает область упругих деформаций материала.

Предел текучести - напряжение, отвечающее нижнему положению площадки текучести на диаграмме для материалов, разрушению которых предшествует заметная пластическая деформация.

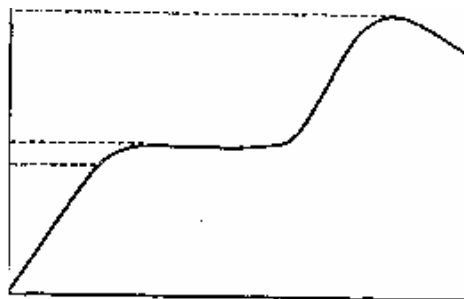


Рис. 1. Зависимость нормального напряжения σ в образце от его относительного удлинения ϵ при растяжении:

Прочие материалы характеризуют условным пределом текучести - напряжением, при котором остаточная деформация достигает значения, установленного техническими условиями. Обычно остаточная деформация не превышает 0,2%. Отсюда и обозначение: $\sigma_{0,2}$.

Предел текучести является основной характеристикой прочности пластичных материалов.

Предел прочности - напряжения или деформации, соответствующие максимальному (в момент разрушения образца) значению нагрузки. Отношение наибольшей силы, действующей на образец, к исходной площади его поперечного сечения называют временным сопротивлением (разрушающим напряжением) и обозначают σ_B .

Предел прочности - основная характеристика механических свойств хрупких материалов, т.е. материалов, которые разрушаются при малых пластических деформациях.

Правила определения характеристик технической прочности материалов при растяжении, сжатии, изгибе, кручении и других видах напряженного состояния установлены государственными стандартами (ГОСТ).

Динамическая прочность - сопротивление материалов динамическим нагрузкам, т.е. нагрузкам, значение, направление и точка приложения которых быстро изменяются во времени.

Усталость материалов - процесс постепенного накопления повреждений под действием переменных напряжений, приводящих к изменению свойств материалов, образованию и разрастанию трещин. Свойство материалов противостоять усталости называется выносливостью.

Ползучесть - непрерывное пластическое деформирование материалов под действием постоянной нагрузки. Любые твердые материалы в той или иной степени подвержены ползучести во всем диапазоне температур эксплуатации. Вредные последствия ползучести материалов особенно проявляются при повышенных температурах.

Причиной неудовлетворительной прочности изделий может быть влияние поверхностных дефектов и напряжений, которые возникают из-за неравномерного распределения нагрузки, обусловленного особенностями конструкции. Поэтому прочность конструктивных элементов (сварочных швов, болтов, валов и т.д.) - конструкционная прочность - во многих случаях ниже технической прочности исходных материалов.

Твердость является механической характеристикой материалов, отражающей их прочность, пластичность и свойства поверхностного слоя изделия. Она выражается сопротивлением материала местному пластическому деформированию, возникающему при внедрении в материал более твердого тела - индентора. В зависимости от способа внедрения и свойств индентора твердость материалов оценивают по различным критериям, используя несколько методов:

- вдавливание индентора;
- динамические методы;
- царапание.

Вдавливание индентора в образец с последующим измерением отпечатка является основным технологическим приемом при оценке

твердости материалов. В зависимости от особенностей приложения нагрузки, конструкции инденторов и определения чисел твердости различают методы:

- Бринелля;
- Роквелла;
- Виккерса.

Урок №47-48 Материалы с малой плотностью

Материалы с малой плотностью (легкие материалы) широко применяют в авиации, ракетной и космической технике, а также в автомобилестроении, судостроении, строительстве и других отраслях промышленности. Применение легких материалов дает возможность снизить массу, увеличить грузоподъемность летательных аппаратов без снижения скорости и дальности полета, повысить скорость движения автомобилей, судов, железнодорожного транспорта.

К основным конструкционным легким металлам относятся пластмассы, цветные металлы Mg, **Be**, Al, Ti и сплавы на их основе, а также композиционные материалы. Особенно перспективны материалы, которые дают возможность снизить массу конструкций при одновременном повышении их прочности и жесткости. Основными критериями при выборе конструкционных материалов в этом случае являются удельные прочность $\sigma_v/(\rho \cdot l)$ и жесткость $E/(\rho \cdot g)$. По этим характеристикам легкие материалы неравноценны. Среди сплавов на основе Al, Mg и пластмасс лишь отдельные группы имеют такие свойства, которые указаны в табл. 12.1, а большинство не обладает высокими прочностью, удельной прочностью и удельной жесткостью. Эти материалы предназначены главным образом для изготовления мало- и среднена-груженных деталей.

Материалы с высокой удельной прочностью (сплавы Ti, **Be**, композиционные материалы) предназначены в основном для изготовления высоконагруженных деталей. **Свойства алюминия.** Алюминий-металл серебристо-белого цвета. Он не имеет полиморфных превращений и

кристаллизуется в решетке гранецентрированного куба с периодом $a = 0,4041$ нм.

Алюминий обладает малой плотностью, хорошими теплопроводностью и электропроводимостью, высокой пластичностью и коррозионной стойкостью. Примеси ухудшают все эти свойства.

Постоянные примеси алюминия Fe, Si, Cu, Zn, Ti. В зависимости от содержания примесей первичный алюминий подразделяют на три класса: особой чистоты А999 ($\leq 0,001\%$ примесей), высокой чистоты А995, А99, А97, А95 ($0,005-0,05\%$ примесей) и технической чистоты А85, А8 и др. ($0,15-1\%$ примесей). Технический алюминий, выпускаемый в виде деформируемого полуфабриката (листы, профили, прутки и др.), маркируют АДО и АД1. Механические свойства алюминия зависят от его чистоты и состояния. Увеличение содержания примесей и пластическая деформация повышают прочность и твердость алюминия (табл. 12.2).

Ввиду низкой прочности алюминий применяют для ненагруженных деталей и элементов конструкций, когда от материала требуется легкость, свариваемость, пластичность. Так, из него изготавливают рамы, двери, трубопроводы, фольгу, цистерны для перевозки нефти и нефтепродуктов, посуду и др. Благодаря высокой теплопроводности он используется для различных теплообменников, в промышленных и бытовых холодильниках. Высокая электропроводимость алюминия способствует его широкому применению для конденсаторов, проводов, кабелей, шин и др. (см. п. 17.1).

Из других свойств алюминия следует отметить его высокую отражательную способность, в связи с чем он используется для прожекторов, рефлекторов, экранов телевизоров. Алюминий имеет малое эффективное поперечное сечение захвата нейтронов. Он хорошо обрабатывается давлением, сваривается газовой и контактной сваркой, но плохо обрабатывается резанием. Алюминий имеет большую усадку затвердевания (6%). Высокая теплота плавления и теплоемкость способствуют медленному остыванию

алюминия из жидкого состояния, что дает возможность улучшать отливки из алюминия и его сплавов путем модифицирования, рафинирования и других технологических операций.

Урок № 49 Материалы с высокой удельной прочностью

Материалы с высокой проводимостью. К материалам этого типа предъявляются следующие требования: минимальное значение удельного электрического сопротивления; достаточно высокие механические свойства (главным образом предел прочности при растяжении и относительное удлинение при разрыве); способность легко обрабатываться, что необходимо для изготовления проводов малых и средних сечений; способность образовывать контакты с малым переходным сопротивлением при пайке, сварке и других методах соединения проводов; коррозионная стойкость. Основным является требование максимальной удельной проводимости материала. Однако электропроводность металла может снижаться из-за загрязняющих примесей, деформации металла, возникающей при штамповке или волочении, что приводит к разрушению отдельных зерен металла. Влияние деформаций металла на его электропроводность устраняется при отжиге, во время которого уменьшается число дефектов в металле и увеличиваются средние размеры кристаллов металла. В связи с этим проводниковые материалы используют в основном в отожженном (мягком) состоянии. Наиболее распространенными современными материалами высокой проводимости, применяемыми в радиоэлектронике, являются цветные металлы (медь, алюминий, цинк, олово, магний, свинец) и черные металлы (железо), которые применяются в чистом виде. Еще шире используют сплавы этих металлов, так как они обладают лучшими свойствами и более дешевы по сравнению с чистыми металлами. Однако цветные металлы и их сплавы экономически целесообразно использовать в тех случаях, когда необходимые свойства изделий нельзя получить, применяя черные металлы, чугун и сталь. Для улучшения свойств цветные

сплавы подвергаются термической обработке - отжигу, закалке и старению. Отжиг влияет на мягкость материала и уменьшает напряжения в отливках. Закалка и старение повышают механические свойства.

2. Медь и ее сплавы

Медь. Медь является одним из самых распространенных материалов высокой проводимости. Она обладает следующими свойствами: малым удельным электрическим сопротивлением (из всех металлов только серебро имеет удельное электрическое сопротивление на несколько процентов меньше, чем у меди); высокой механической прочностью; удовлетворительной коррозионной стойкостью (даже в условиях высокой влажности воздуха медь окисляется значительно медленнее, чем, например, железо; интенсивное окисление меди происходит только при повышенных температурах); хорошей паяемостью и свариваемостью; хорошей обрабатываемостью (медь прокатывается в листы и ленты и протягивается в проволоку). Свойства медной проволоки приведены ниже. Марка

.....	МТ		ММ	Плотность,
D,				
кг/м ³				8,96·10 ³
.....				8,90·10 ³ Удельное электрическое сопротивление
г, мкОм·м, не более.....		0,0179...	0,0182	0,0175
Предел прочности при растяжении σ, МПа, не				
менее.....				
.....	360...390	260...280	Относительное удлинение при разрыве	
DI/l, %.....				0,5...2,5

18...35 Медь получают чаще всего в результате переработки сульфидных руд. Примеси снижают электропроводность меди. Наиболее вредными из них являются фосфор, железо, сера, мышьяк. Содержание фосфора примерно 0,1% увеличивает сопротивление меди, на 55%. Примеси серебра, цинка, кадмия дают увеличение сопротивления на 1...5%. Поэтому медь, предназначенная для электротехнических целей, обязательно подвергается

электролитической очистке. Катодные пластины меди, полученные в результате электролиза*, переплавляют в болванки массой 80...90 кг, которые прокатывают и протягивают, создавая изделия необходимого поперечного сечения. Для изготовления проволоки болванки сначала подвергают горячей прокатке в катанку диаметром 6,5...7,2 мм, которую затем протягивают без подогрева, получая проволоку нужных поперечных сечений. В качестве проводникового материала используют медь марок М1 и МО. Медь марки М1 содержит 99,9% меди, не более 0,1% примесей, в общем количестве которых кислорода должно быть не более 0,08%. Медь марки МО содержит примесей не более 0,05 в том числе кислорода не более 0,02%. Благодаря меньшему содержанию кислорода медь марки МО обладает лучшими механическими свойствами, чем медь марки М1. Еще более чистым проводниковым металлом (не более 0,01% при *Совокупность процессов электрохимического окисления - восстановления, происходящих на погруженных в электролит электродах при прохождении электрического тока. месей) является вакуумная медь марки МВ, выплавляемая в вакуумных индукционных печах. При холодной протяжке получают твердую (твердотянутую) медь (МТ), которая обладает высоким пределом прочности при растяжении, твердостью и упругостью (при изгибе проволока из твердой меди несколько пружинит). Твердую медь применяют в тех случаях, когда необходимо обеспечить высокую механическую прочность, твердость и сопротивляемость истиранию: для контактных проводов, шин распределительных устройств, для коллекторных пластин электрических машин, изготовления волноводов, экранов, токопроводящих жил кабелей и проводов диаметром до 0,2 мм. После отжига до нескольких сотен градусов (медь рекристаллизуется при температуре примерно 270°C) с последующим охлаждением получают мягкую (отожженную) медь (ММ). Мягкая медь имеет проводимость на 3...5% выше, чем у твердой меди. Мягкая отожженная медь служит электротехническим стандартом, по отношению к которому удельную электрическую проводимость металлов и сплавов

выражают при температуре окружающей среды 20 °С. Удельная электрическая проводимость такой меди равна 58 мкСм/м, соответственно $\rho = 0,017241$ мкОм-м при значении $\text{TK}_{\rho} = 4,3 \cdot 10^{-3} \text{K}^{-1}$. Мягкая медь широко применяется для изготовления фольги и токопроводящих жил круглого и прямоугольного сечения в кабелях и обмоточных проводах, где важна гибкость и пластичность (отсутствие «пружинения» при изгибе), а прочность не имеет большого значения. Из специальных электровакуумных сортов меди изготавливают аноды мощных генераторных ламп, детали СВЧ устройств: магнетронов, клистронов, некоторых типов волноводов и др. Медь сравнительно дорогой и дефицитный материал, поэтому она должна расходоваться экономно. Отходы меди на электротехнических предприятиях необходимо собирать, не смешивая с другими металлами и менее чистой медью, чтобы их можно было переплавить и снова использовать. В ряде случаев медь как проводниковый материал заменяют другими металлами, чаще всего алюминием. В ряде случаев, когда от проводникового материала требуется не только высокая проводимость, но и повышенные механическая прочность, коррозионная стойкость и сопротивляемость истиранию, применяют сплавы меди с небольшим содержанием легирующих примесей.

Урок № 50 Материалы, устойчивые к воздействию температуры и рабочей среды

Жаростойкие, жаропрочные и коррозионно - стойкие материалы.

Коррозионно - стойкие (нержавеющие) стали - это стали, которые противостоят электрохимической коррозии. Они содержат не меньше 13% хрома, а так же могут содержать никель.

Виды сталей

1. хромистые стали - 08X13, 12X13, 30X13, 12X17, 15X25T, 15X28.
2. хромоникелевые стали - 08X18H10T, 12X18H10T, 17X18H9, 12X17Г9АН14, 08X22H6T, 08X21H6M2T.

Применение нержавеющей сталей.

1. Хирургические инструменты.
2. Оборудование химической, пищевой, лёгкой промышленности.
3. Ёмкости для хранения агрессивных сред.
4. Детали судов и самолётов.

Жаростойкость - это способность сопротивляться коррозии при высоких температурах.

Жаростойкие стали содержат хром, никель, алюминий, кремний, а так же повышению жаростойкости способствует полировка поверхности.

Марки: 15Х6СЮ, 40Х9С2, 30Х13Н7С2.

Применение жаростойких материалов

1. Детали двигателей, газовых турбин.
2. Теплообменники.

Жаропрочность - это способность материалов сопротивляться разрушению при высоких температурах.

Повышению жаропрочности способствует хром, никель, молибден, вольфрам, ванадий.

Виды жаропрочных материалов

Стали 15ХМ, 12Х1МФ, 20Х3МВФ, 18Х12ВМБФР, 15Х12ВНМФ, 09Х14Н16Б, 45Х14Н14В2М, 40Х12Н8Г8МФБ, 40Х15Н7Г7В2МС, 10Х11Н23Т3МР.

Сплавы на никелевой основе ХН77ТЮР, ХН70ВМТЮ

Применение жаропрочных материалов

1. Оборудование для переработки нефти.
2. Детали паровых турбин и турбокомпрессоров.
3. Детали реактивных двигателей.
4. Детали котлов и топок.

Сплавы никеля.

Никель - это металл серебристого цвета с температурой плавления 1455°С.

Свойства никеля

1. Высокая жаропрочность и коррозионная стойкость.
2. Высокая пластичность.

Марки технического никеля: Н0, Н1, Н2, Н3, Н4.

Применение никеля

1. Оборудования химической и пищевой промышленности.
2. Детали газовых турбин.
3. Электровакуумная техника.

Сплавы никеля

1. Жаростойкие ХН60ВТ, ХН70Ю применяют для деталей турбин.
2. Сплавы с высоким омическим сопротивлением Х15Н60, Х20Н80 применяют для электронагревательных элементов.
3. Жаропрочные сплавы: ХН70ВМТЮ, ХН77ТЮР применяют для различных деталей турбин.
4. Кислотостойкие сплавы Н60М20, Н65М27 обладают коррозионной стойкостью в серной и соляной кислотах и применяются для химической аппаратуры.

Неметаллические материалы

Виды неметаллических материалов

1. Пластмассы.
2. Резина.
3. Стекло и ситаллы.
4. Древесина.
5. Лакокрасочные материалы.
6. Керамика.
7. Жидкие кристаллы.

Основой большинства неметаллических металлов являются полимеры - вещества, состоящие из макромолекул. Полимеры бывают: натуральные и синтетические, органические и неорганические, аморфные и

кристаллические, термопластичные и термореактивные. По формуле молекул полимеры бывают линейные, разветвлённые, ленточные, сетчатые.

Пластмассы.

Пластмассами называют искусственные материалы, получаемые на основе органических полимерных связывающих веществ.

Состав пластмасс

1. Связующее вещество (синтетические смолы).
2. Наполнители.
 - а) Порошкообразные - древесная мука, графит, тальк.
 - б) Волокнистые - стекловолокно, асбололокно.
 - в) Слоистые - ткани, бумага.
 - г) Газы - воздух или азот.

Виды пластмасс

I. По составу:

1. Простые (состоят только из связующего вещества)- полиэтилен, полипропилен.
2. Сложные - пенопласты, текстолиты, волокнисты, карболиты.

II. По характеру связывающего вещества:

1. Термопластичные - полиэтилен, полипропилен, органическое стекло, пенопласт.
2. Термореактивные - гетинакс, стеклотекстолит, асболоволокнит и др.

III. По назначению:

1. Силовые - конструкционные, антифрикционные, электроизоляционные.
2. Несиловые - прозрачные, декоративные, химически стойкие.

Свойства пластмассы

1. Низкая электропроводность.
2. Достаточно высокая механическая прочность.
3. Гибкость.
4. Химическая стойкость.
5. Газо и водонепроницаемость.

Применение пластмасс

1. Детали и корпуса механизмов.
2. Ёмкости и посуда.
3. Электроизоляция проводов.
4. Отделочные материалы.
5. Прокладки.
6. Трубы и шланги.
7. Плёнки.

Резина.

Резиной называется продукт специальной обработки (вулканизации) смеси каучука и серы с различными добавками.

Состав резин

Каучук - полимер, имеющий линейное или слаборазветвлённое строение. Молекулы каучука имеют зигзагообразную форму, благодаря чему обладают высокой эластичностью.

Вулканизирующие вещества - сера, селен, перекиси, которые упрочняют резину, связывая между собой молекулы каучука и образуя с ними пространственную сетку. При содержании серы более 30% образуется твёрдое вещество - эбонит.

Противостарители (антиоксиданты) - парафин, воск, альдоль - препятствуют окислению.

Пластификаторы - парафин, вазелин, стеариновая кислота, растительные масла - для повышения эластичности.

Наполнители - мел, тальк, барит, сажа - для повышения износостойкости и удешевления.

Красители.

Свойства резин

Высокая эластичность.

Водо и газонепроницаемость

Невысокая плотность

Низкая электропроводность

Химическая стойкость

Высокая износостойкость

Виды резин

Резины общего назначения используют для изготовления шин, ремней, рукавов, транспортёрных лент, изоляции кабелей, бытовых и медицинских изделий.

Резины специального назначения.

а) Маслобензостойкие резины используют для производства шлангов, прокладок, манжет и др.

б) Теплостойкие резины используют для изделий, работающих при повышенных или пониженных температурах.

в) Износостойкие резины применяют для шин, обуви, транспортёрных лент.

г) Электротехнические резины применяют для электроизоляции и экранирования кабелей.

Лакокрасочные материалы.

Лакокрасочные материалы после высыхания образуют плёнку, называемую покрытием. Они предназначены для защиты металлов от коррозии, древесины от гниения, для придания декоративного вида и электроизоляции.

Состав лакокрасочных материалов

1. Плёнкообразующие вещества - смолы, растительные масла.
2. Растворители - скипидар, спирты, ацетон и др.
3. Пластификаторы.
4. Отвердители.
5. Красители.
6. Наполнители.

Виды лакокрасочных материалов

1. Лаки.
2. Эмали.

3. Краски.

4. Грунты.

5. Шпатлёвки.

Неорганическое стекло.

Неорганическое стекло - это затвердевший расплав оксидов кремния, фосфора, бора, германия. Эти оксиды образуют неправильную пространственную сетку, т.е. стекло имеет аморфное строение. Для придания стеклу определённых свойств в него добавляют оксиды алюминия, железа, натрия, калия, лития, бериллия и другие. Стекло имеет аморфное строение, которое представляет собой неправильную пространственную сетку из стеклообразующих молекул SiO_2 , P_2O_5 и др. Основой для производства неорганического стекла является кварцевый песок, в который могут добавляться другие минералы (магнезит, известь, железняки, хромиты и др.). Подготовленные материалы расплавляют, формуют изделия из пластичной массы и охлаждают. Для повышения твёрдости стекло могут подвергать закалке.

Свойства стекла.

1. Светопрозрачность.

2. Высокая хрупкость.

4. Высокая твёрдость.

5. Высокая химическая стойкость.

Виды стекла по назначению

1. Технические - оптические, светотехнические, химико-лабораторные, приборные, транспортные.

2. Строительные - оконные, витринные, стеклоблоки.

3. Бытовые - посуда, зеркала.

Керамика.

Керамика -это неорганический материал, полученный из отформованных минеральных масс в процессе высокотемпературного обжига. Керамику

изготавливают из различных сортов глины, корунда, магнезита, извести и других минералов.

Свойства керамики

1. Высокая твёрдость
2. Высокая химическая стойкость
3. Высокая жаропрочность.

Виды керамических изделий

1. Посуда и санитарно-технические изделия из фарфора или фаянса.
2. Кирпич для строительства и огнеупорной футеровки печей.
3. Химическая посуда и оборудование химической промышленности
4. Режущий и абразивный инструмент.