19.11.21 гр. 40-1 Материаловедение. Преподаватель Захаров Г.П.

* Тема: Определение режима термической обработки стали в зависимости от заданных условий.
* **Режим** **термической** **обработки** включает в себя следующие составляющие: скорость нагрева, температуру нагрева, продолжительность выдержки, скорость охлаждения. Скорость нагрева выбирается **в** **зависимости** **от** теплопроводности **стали** (химического состава) и формы детали. Если теплопроводность **стали** высокая, то и скорость нагрева может быть больше.
* Теория и технология термической обработки стали.
* Закалка, отпуск, отжиг, нормализация, старение.
* Химико-термическая обработка.
* Цементация.
* Азотирование.
* Цианирование.
* Содержание лекции: Виды термической обработки металлов Свойства сплава зависят от его структуры. Основным способом, позволяющим изменять структуру, а, следовательно, и свойства является термическая обработка. Термическая обработка представляет собой совокупность операций нагрева, выдержки и охлаждения, выполняемых в определенной последовательности при определенных режимах, с целью изменения внутреннего строения сплава и получения нужных свойств (представляется в виде графика в осях температура – время, ). Отжиг и нормализация Отжиг, снижая твердость и повышая пластичность и вязкость за счет получения равновесной мелкозернистой структуры, позволяет: • улучшить обрабатываемость заготовок давлением и резанием;
* 5.2 • исправить структуру сварных швов, перегретой при обработке давлением и литье стали;
* • подготовить структуру к последующей термической обработке. Характерно медленное охлаждение со скоростью 30-100oС/ч. Отжиг 1 рода – возможен для любых металлов и сплавов. Нагрев, при отжиге первого рода, повышая подвижность атомов, частично или полностью устраняет химическую неоднородность, уменьшает внутреннее напряжение.
* Основное значение имеет температура нагрева и время выдержки. Разновидностями отжига первого рода являются: • диффузионный - применяется для устранения ликвации, выравнивания химического состава сплава. В его основе – диффузия. Применяется, в основном, для легированных сталей. Температура нагрева зависит от температуры плавления, ТН = 0,8ТПЛ. Продолжительность выдержки: 8-20часов;
* • рекристаллизационный - проводится для снятия напряжений после холодной пластической деформации. Температура нагрева связана с температурой плавления: ТН = 0,4ТПЛ. Продолжительность зависит от габаритов изделия.
* • отжиг для снятия напряжения после ковки, сварки или литья. Температура нагрева выбирается в зависимости от назначения, находится в широком диапазоне: ТН = 160-700OС. Продолжительность зависит от габаритов изделия. 2. Отжиг II рода – отжиг металлов и сплавов, испытывающих фазовые превращения в твердом состоянии при нагреве и охлаждении. Проводится для сплавов, в которых имеются полиморфные или эвтектоидные превращения, а также переменная растворимость компонентов в твердом состоянии. Проводят отжиг второго рода с целью получения более равновесной структуры и подготовки ее к дальнейшей обработке. В результате отжига измельчается зерно, повышаются пластичность и вязкость, 5.3 снижаются прочность и твердость, улучшается обрабатываемость резанием. Характеризуется нагревом и очень медленным охлаждением, как правило, вместе с печью (рис. 1 (1, 1а)). В зависимости от температуры нагрева различают отжиг: 1. полный - проводится для доэвтектоидных сталей с цлью исправления структуры. При такой температуре нагрева аустенит получается мелкозернистый. 2. неполный - применяется для заэвтектоидных сталей. Получению зернистого цементита способствует предшествующая отжигу горячая пластическая деформация, при которой дробится цементитная сетка. Неполный отжиг является обязательным для инструментальных сталей. Иногда неполный отжиг применяют для доэвтектоидных сталей, с целью уменьшения твердости для улучшения обрабатываемости резанием. 3. циклический или маятниковый отжиг применяют, если после проведения неполного отжига цементит остается пластинчатым. В этом случае после нагрева, следует охлаждение до 680OС, затем снова нагрев до температуры 750-760OС и охлаждение. В результате получают зернистый цементит. 4. изотермический отжиг – после нагрева до требуемой температуры, изделие быстро охлаждают до температуры на 50-100OС ниже критической температуры и выдерживают до полного превращения аустенита в перлит, затем охлаждают на спокойном воздухе. В результате получают более однородную структуру, так как превращение происходит при одинаковой степени переохлаждения. Применяют для легированных сталей. 5. нормализация - термическая обработка, при которой изделие нагревают до аустенитного состояния, с последующим охлаждением на воздухе. В результате нормализации получают более тонкое строение эвтектоида (тонкий перлит или сорбит), уменьшаются внутренние напряжения, устраняются пороки, полученные в процессе предшествующей обработки. Твердость и прочность несколько выше, чем после отжига. 5.4 Закалка Проводится для сплавов, испытывающих фазовые превращения в твердом состоянии при нагреве и охлаждении, с целью повышение твердости и прочности путем образования неравновесных структур (сорбит, троостит, мартенсит). Характеризуется нагревом до температур выше критических и высокими скоростями охлаждения (рис. 1 (2, 2а)). Отпуск Проводится с целью снятия внутренних напряжений, снижения твердости и увеличения пластичности и вязкости закаленных сталей. Характеризуется нагревом до температуры ниже критической (рис. 1 (3)). Скорость охлаждения роли не играет. Происходят превращения, уменьшающие степень неравновесности структуры закаленной стали. Термическую обработку подразделяют на: Предварительная – применяется для подготовки структуры и свойств материала для последующих технологических операций (для обработки давлением, улучшения обрабатываемости резанием). Окончательная – формирует свойство готового изделия. Технологические возможности и особенности отжига, нормализации, закалки и отпуска При разработке технологии необходимо установить: • режим нагрева деталей (температуру и время нагрева); • характер среды, где осуществляется нагрев и ее влияние на материал стали; • условия охлаждения. Режимы термической обработки назначают в соответствии с диаграммами состояния и диаграммой изотермического распада аустенита. 5.5 Нагрев может осуществляться в нагревательных печах, топливных или электрических, в соляных ваннах или в ваннах с расплавленным металлом, пропусканием через изделие электрического тока или в результате индукционного нагрева. Скорость нагрева тем выше, чем менее легирована сталь, однороднее ее структура, проще конфигурация. Скорость нагрева принимается 0,8-1 мин на 1мм сечения. Время выдержки принимается около 20 % от времени нагрева. Среда нагрева при нагреве в печи с газовой средой. Составляющие могут оказывать на сталь различное действие: • окисляющее (О2, СО2, Н2О); • восстанавливающее (СО, СН4); • обезуглероживающее (О2, Н2); • науглероживающее (СО, СН4); • нейтральное (N2, инертные газы). Окисление с образованием окалины Fe2О3, препятствует получению высокой и равномерной твердости при закалке, приводит к изменению размеров, требует увеличения припусков на механическую обработку. Обезуглероживание (выгорание углерода в поверхностном слое металла) способствует появлению мягких пятен при закалке и возникновению растягивающих напряжений в поверхностном слое, снижающих усталостную прочность. Способы закалки В зависимости от формы изделия, марки стали и нужного комплекса свойств применяют различные способы охлаждения (рис. 14.1) . Закалка в одном охладителе (V1). Нагретую до нужной температуры деталь переносят в охладитель и полностью охлаждают. В качестве охлаждающей среды используют: • воду – для крупных изделий из углеродистых сталей; • масло – для небольших деталей простой формы из углеродистых сталей и изделий из легированных сталей. Основной недостаток – значительные закалочные напряжения. 2. Закалка в двух средах или прерывистая (V2). Нагретое изделие предварительно охлаждают в более резком охладителе (вода) до температуры ~ 3000C и затем переносят в более мягкий охладитель (масло). Прерывистая закалка обеспечивает максимальное приближение к оптимальному режиму охлаждения. Применяется в основном для закалки инструментов. Недостаток: сложность определения момента переноса изделия из одной среды в другую. 3. Ступенчатая закалка (V3). Нагретое до требуемой температуры изделие помещают в охлаждающую среду, температура которой на 30 – 50OС выше точки МН и выдерживают для выравнивания температуры по всему сечению. Время изотермической выдержки не превышает периода устойчивости аустенита при заданной температуре. В качестве охлаждающей среды используют расплавленные соли или металлы. После изотермической выдержки деталь охлаждают с невысокой скоростью. Способ используется для мелких и средних изделий. 4. Изотермическая закалка (V4). Отличается от ступенчатой закалки продолжительностью выдержки при температуре выше МН. Изотермическая выдержка обеспечивает полное превращение переохлажденного аустенита в бейнит. Образовавшаяся структура характеризуется сочетанием высокой прочности, пластичности и вязкости. Вместе с этим снижается деформация из-за закалочных напряжений, уменьшаются и фазовые напряжения. В качестве охлаждающей среды используют расплавленные соли и щелочи. Применяются для легированных сталей. Закалка с самоотпуском (V5). Нагретые изделия помещают в охлаждающую среду и выдерживают до неполного охлаждения. После извлечения изделия, его поверхностные слои повторно нагреваются за счет внутренней теплоты, то есть осуществляется самоотпуск. Применяется для изделий, которые должны сочетать высокую твердость на поверхности и высокую вязкость в сердцевине (инструменты ударного действия: молотки, зубила). Отпускная хрупкость Обычно с повышением температуры отпуска ударная вязкость увеличивается, а скорость охлаждения не влияет на свойства. Но для некоторых сталей наблюдается снижение ударной вязкости. Этот дефект называется отпускной хрупкостью. Отпускная хрупкость I рода наблюдается при отпуске в области температур около 300OС. Она не зависит от скорости охлаждения. Отпускная хрупкость I рода “необратима“, то есть при повторных нагревах тех же деталей не наблюдается. Отпускная хрупкость II рода наблюдается у легированных сталей при медленном охлаждении после отпуска в области 450-650OС. Отпускная хрупкость II рода “обратима“, то есть при повторных нагревах и медленном охлаждении тех же сталей в опасном интервале температур дефект может повториться. Влияние термообработки на механические свойства. Большинство стальных изделий машиностроения подвергается нормализации или закалке с высоким и средним отпуском (tотп > 4000C). Для получения высокого комплекса механических свойств следует стремится к тому, чтобы после закалки получалась мелкоигольчатая мартенситная структура, что достигается лишь при исходной мелкозернистой структуре. На свойства стали оказывает больше влияние содержание углерода и температура отпуска. С ростом последней уменьшается твердость и прочность, но возрастают показатели пластичности и ударной вязкости. Химико-термическая обработка стали Химико-термическая обработка (ХТО) – процесс изменения химического состава, микроструктуры и свойств поверхностного слоя детали. Изменение химического состава поверхностных слоев достигается в результате их взаимодействия с окружающей средой (твердой, жидкой, газообразной, плазменной), в которой осуществляется нагрев. В результате изменения химического состава поверхностного слоя изменяются его фазовый состав и микроструктура. Основными параметрами химико-термической обработки являются температура нагрева и продолжительность выдержки. В основе любой 5.9 разновидности химико-термической обработки лежат процессы: диссоциации, адсорбции, диффузии. Диссоциация – получение насыщающего элемента в активированном атомарном состоянии в результате химических реакций, а также испарения. Например, 2NH3→2N + 3H2 или CH4→C + 2H2 Адсорбция – захват поверхностью детали атомов насыщающего элемента. Всегда экзотермический процесс, приводящий к уменьшению свободной энергии. Диффузия – перемещение адсорбированных атомов вглубь изделия. Основными разновидностями химико-термической обработки являются: • цементация (насыщение поверхностного слоя углеродом); • азотирование (насыщение поверхностного слоя азотом); • нитроцементация или цианирование (насыщение поверхностного слоя одновременно углеродом и азотом); • диффузионная металлизация (насыщение поверхностного слоя различными металлами). Назначение и технология видов химико-термической обработки. Цементация – химико-термическая обработка, заключающаяся в диффузионном насыщении поверхностного слоя атомами углерода при нагреве до температуры 900-950OС. Цементации подвергают стали с низким содержанием углерода (до 0,25%). Глубина цементации (h) – расстояние от поверхности изделия до середины зоны, где в структуре имеются одинаковые объемы феррита и перлита (h = 1-2 мм). Степень цементации – среднее содержание углерода в поверхностном слое (обычно, не более 1,2 %). 5.10 Более высокое содержание углерода приводит к образованию значительных количеств цементита вторичного, сообщающего слою повышенную хрупкость. Участки деталей, которые не подвергаются цементации, предварительно покрываются медью (электролитическим способом) или глиняной смесью. Азотирование – химико-термическая обработка, при которой поверхностные слои насыщаются азотом. При азотировании увеличиваются не только твердость и износостойкость, но также повышается коррозионная стойкость. При азотировании изделия загружают в герметичные печи, куда поступает аммиак NH3 c определенной скоростью. При нагреве аммиак диссоциирует: 2NH3→2N+3H2 Атомарный азот поглощается поверхностью и диффундирует вглубь изделия. Типовые азотируемые стали: 38ХМЮА, 30ХТ2Н3Ю. Значительное сокращение времени азотирования достигается при ионном азотировании, когда между катодом (деталью) и анодом (контейнерной установкой) возбуждается тлеющий разряд. Происходит ионизация азотосодержащего газа, и ионы бомбардируя поверхность катода, нагревают его до температуры насыщения. Азотирование проводят на готовых изделиях, прошедших окончательную механическую и термическую обработку (закалка с высоким отпуском). После азотирования в сердцевине изделия сохраняется структура сорбита, которая обеспечивает повышенную прочность и вязкость. Цианирование и нитроцементация – химико-термическая обработка, при которой поверхность насыщается одновременно углеродом и азотом. Осуществляется в ваннах с расплавленными цианистыми солями, например NaCN с добавками солей NаCl, BaCl и др. При окислении цианистого натрия образуется атомарный азот и окись углерода: 2NaCN + 2O2 → Na2CO3 + CO + N2 5.11 Глубина слоя и концентрация в нем углерода и азота зависят от температуры процесса и его продолжительности. Цианированный слой обладает высокой твердостью и хорошо сопротивляется износу. Высокотемпературное цианирование – проводится при температуре 800-950OС, сопровождается преимущественным насыщением стали углеродом до 0,6-1,2%, (жидкостная цементация). Содержание азота в цианированном слое 0,2-0,6%, толщина слоя 0,15-2 мм. После цианирования изделия подвергаются закалке и низкому отпуску. Окончательная структура цианированного слоя состоит из тонкого слоя карбонитридов Fe2(C,N), а затем азотистый мартенсит. Низкотемпературное цианирование – проводится при температуре 540-600OС, сопровождается преимущественным насыщением стали азотом. Является окончательной обработкой. Основным недостатком цианирования является ядовитость цианистых солей. Нитроцементация – газовое цианирование, осуществляется в газовых смесях из цементующего газа и диссоциированного аммиака. Высокотемпературная нитроцементация проводится при температуре 830-950OС. Низкотемпературной нитроцементации подвергают инструмент из быстрорежущей стали после термической обработки (закалки и отпуска). Процесс проводят при температуре 530-570OС.
* Контрольные вопросы:
* Написать краткий конспект лекции и ответить на вопросы.
* 1.Что включает в себя режим термической обработки металла?
* 2.От чего зависят свойства сплава?
* 3. Что является основным способом, позволяющим изменять структуру?
* 4.Как темпиратура влияет на изменения свойств металла?
* 5. Что используют в качестве охлаждающей среды ?
* 6. Что является отпускной хрупкостью I рода и при какой температуре проводятся?
* 7. Когда и у каких сталей наблюдается отпускная хрупкость II рода ?
* 8. Какие процессы лежат в основе любой разновидности химико-термической обработки .