Описание : реферат по термообработке . Здавался в МИСИС на физикохимическом факультете . Подробно смотри план :

***План реферата .***

1. Введение.

2. Гомогенизационный отжиг.

3. Дорекристаллизационный и рекристаллизационный отжиг.

 3.1. Смягчающий отжиг.

 3.2. Упрочняющий отжиг.

4. Отжиг,уменьшающий напряжения.

5. Факторы , влияющие на перлитно-аустенитное превращение.

6. Влияние зерна аустенита на свойства стали.

7. Изотермический распад переохлажденного аустенита .

8. Построение термокинетической диаграммы распада γ-переохлажденного .

9. Отжиг II рода

 9.1. Полный отжиг.

 9.2. Неполный отжиг.

 9.3. Изотермический отжиг.

 9.4. Сфероидизирующий отжиг.

10. Нормализация.

11. Одинарная термообработка.

12. Патентирование стали .

***1. Введение***

Отжиг I рода - это термообработка , которая устраняет частично (или полностью) всякого рода неоднородности и неравновесности , которые были внесены в металл при предшествующих операциях ( мех. обработка , обработка давлением , литье , сварка ).

В зависимости от исходного состояния стали отжиг может включать процессы гомогенизации , рекристаллизации и снятия остаточных напряжений. Эти процессы происходят независимо от того , протекают ли в сплавах при такой обработке фазовые превращения или нет . Поэтому отжиг I рода можно проводить при температурах выше или ниже температур фазовых превращений .

***2.Гомогенизационный отжиг.***

Основной целью гомогенизационного отжига являются - устранение последствий дендритной или внутрикристаллитной ликвации , которая может привести к :

1.Снижению пластичности , за счет выделения неравновесных хрупких фаз.

2.Уменьшению коррозионной стойкости и развитии электрохимической коррозии

 внутри сплава.

3.Анизотропии мех. свойств.

4.Снижению температуры солидуса.

5.Уменьшению температуры плавления , из-за которого происходит оплавление дендритов при дальнейшей обработке.

6.Отсутствию стабильности свойств.

Физико- химической основой гомогенизационного отжига является диффузия в твердом состоянии , по этому отжиг желательно проводить при более высоких температурах , чтобы диффузионные процессы , необходимые для выравнивания состава стали , проходили более полно.

Температура нагрева под отжиг колеблется в пределах (0.85-0.90)Tпл .

Выдержка будет определяться природой ликвирующих элементов . Так как гомогенизация интенсивно протекает в начальный период отжига ( по мере выравнивания состава сплава градиент концентрации dC/dX уменьшается ) , то большие времена выдержки не применяются. Однако для некоторых металлов это время составляет десятки или сотни часов. Для уменьшения времени отжига нужно

 1. Увеличить температуру

 2. Изменить dC/dX , а для этого нужно изменить условия кристаллизации.

 3. Загрузить в печь уже нагретые слитки.

Гомогенизирующий отжиг может вызвать ряд негативных побочных явлений:

 1. Рост зерна аустенита,следовательно ухудшение мех. свойств .

 2. Вторичная пористость и неоднородность .

 3. Коагуляция избыточных фаз.

Поэтому гомогенизирующий отжиг является предварительной обработкой , после которой поводят полный отжиг,или обработку давлением , или отпуск при 670-680 градусах ,или нормализацию.

Для устранения неоднородностей , вызванных холодной пластической деформацией применяют ***дорекристаллизационный* и *рекристаллизационный отжиг***

При холодной деформации происходит:

1.Изменение формы и размеров кристаллов

2.Накопление в металле большого количества избыточной энергии ,что в конечном итоге приводит к росту напряжений 1 и 2 родов.

Из-за этого : уменьшаются пластические характеристики, появляется анизотропия механических свойств, увеличивается электросопротивление и уменьшается коррозионная стойкость.

Все это можно попытаться устранить отжигом.

Дорекристаллизационный отжиг бывает ***смягчающим и упрочняющим.***

***Смягчающий***отжиг используют для повышения пластичности при частичном сохранении деформационного упрочнения. Чаще всего его применяют в качестве окончательной операции , придающей изделию требуемое сочетание прочности и пластичности. Кроме того , можно уменьшить остаточные напряжения ,стабилизировать свойства и повысить стойкость к коррозии. Для выбора режима дорекристаллизационного смягчающего отжига необходимо знать температуру начала рекристаллизации, при данной степени деформации.

Дорекристаллизационный ***упрочняющий*** отжиг применяют для повышения упругих свойств пружин и мембран.Оптимальную температуру подбирают опытным путем.

Рекристаллизационный отжиг используют в промышленности как предварительную операцию перед холодной обработкой давлением,для придания материалу наибольшей пластичности;как промежуточный процесс между операциями холодногодеформирования,для снятия наклепа ; и как окончательную термообработку,для придания материалу необходимых свойств.

При выборе режима отжига нужно избегать получения очень крупного зерна и разнозернистости.Скорость нагрева чаще всего не имеет значения.

***4.Отжиг,уменьшающий напряжения.***

При обработке давлением,литье,сварке,термообработке в изделиях могут возникать внутренние напряжения.В большинстве случаев,они полностью или частично сохраняются в металле после окончания технологического процесса.Поэтому основная цель отжига - полная или частичная релаксация остаточных напряжений.

Причинами возникновения остаточных напряжений являются неодинаковая пластическая деформация или разное изменение удельного объема в различных точках тела,из-за наличия градиента температур по сечению тела.

Напряжения при отжиге уменьшаются двумя путями : вследствии пластической деформации в условиях когда эти напряжения превысят предел текучести и в результате ползучести при напряжениях меньше предела текучести.

Продолжительность отжига устанавливают опытным путем.Определенной температуре отжига в каждом конкретном изделии соответствует свой конечный уровень остаточных напряжений, по достижении которого увеличивать продолжительность отжига практически бесполезно.

Температуру подбирают обычно несколько ниже критической точки Ас1 .

Скорости нагрева и особенно охлаждения при отжиге должны быть небольшими,чтобы не возникли новые внутренние термические напряжения.

Использование отжига лимитируется теми нежелательными структурными и фазовыми изменениями , которые могут произойти при нагреве. Поэтому приходится либо мириться с недостаточно полным снятием остаточных напряжений при низких температурах ,либо идти на компромис ,достигая более полного снятия напряжений при некотором ухудшении механических и других свойств.

***5.Факторы,влияющие на перлитно-аустенитное превращение.***

Образование аустенита при нагреве является диффузионным процессом и подчиняется основным положениям теории кристаллизации. Процесс сводится к полиморфному α→γ  превращению и растворению в образовавшемся аустените цементита.Из этого вытекают факторы ,влияющие на перлитно-аустенитное превращение.

1. При повышении температуры превращение перлита в аустенит резко ускоряется. Это объясняется , с одной стороны ,ускорением диффузионных процессов, а с другой - увеличением градиента концентрации в аустените.
2. Скорость превращения будет зависеть и от исходного состояния ферритно-цементитной структуры. Чем тоньше структура ,тем больше возникает зародышей аустенита и быстрее протекает процесс аустенизации.Предварительная сфероидизация цементита замедляет прцесс образования аустенита.
3. Чем больше в стали углерода , тем быстрее протекает аустенизация,что объясняется увеличением количества цементита, и ростом суммарной поверхности раздела феррита и цементита.
4. Введение в сталь хрома ,мрлибдена,вольфрама ,ванадия и других карбидообразующих элементов задерживает аустенизацию из-за образования легированного цементита или трудно растворимых в аустените карбидов легирующих элементов.
5. Чем больше скорость нагрева ,тем выше температура ,при которой происходит превращение перлита в аустенит , а продолжительность превращения меньше.

***6.Влияние величины зерна аустенита на свойства стали.***

Чем мельче зерно ,тем выше прочность ( σв ,σ0.2) ,пластичность(δ , ψ ) и вязкость и ниже порог хладноломкости( *t* ). Уменьшая размер зерна аустенита, можно компенсировать отрицательное влияние других механизмов на порог хладноломкости. Чем мельче зерно , тем выше предел выносливости.Поэтому все методы , вызывающие измельчение зерна аустенита повышают конструктивную прочность стали. Крупное зерно нужно только в трансформаторных сталях , чтобы улучшить их магнитные свойства. При укрупнении зерна до 10-15 мкм трещиностойкость уменьшается , а при дальнейшем росте зерна - возрастает. Это может быть связано с очищением границ зерна аустенита от вредных примесей благодаря большему их расворению в объеме зерна при высокотемпературном нагреве.

***7.Изотермический распад переохлажденного аустенита .***

Если сталь со структурой аустенита , полученной в результате нагрева до температуры выше Ас3 -для доэвтектоидной стали или выше Асm - для заэвтектоидной , переохладить до температуры ниже Аr1 , то аустенит оказывается в метастабильном состоянии и претерпевает превращение .

Рассмотрим кинетику этого процесса ( см. рис. 1)

Вначале объем новой составляющей , испытавший превращение , растет с ускорением, а к концу превращения прибыль этого объема резко замедляется .Это объясняется тем , что в начальный период образуется лишь небольшое количество центров превращения с малой поверхностью новой структурной составляющей ; по мере изотермической выдержки число центров возрастает , увеличиваются размеры новой составляющей , но вскоре наступает замедление прцесса из-за того , что растущие кристаллы соприкасаются между собой и в местах стыка рост их прекращается , т.е. поверхность фронта превращения уменьшается .

Период *о-а*  называется инкубационным периодом. В инкубационный период количество образовавшихся новых кристаллов настолько мало , что превращение не фиксируется обычными методами исследования . Конец инкубационного периода - точка *а*  на рис. 1 - фиксируемое данным методом начало превращения .



По истечении этого периода аустенит начинает распадаться с образованием более стабильных структур .Скорость распада сначала быстро увеличивается , а потом постепенно убывает . Через какое-то время процесс полностью заканчивается ( точка *в* ) на рис. 1 .

Строя такие кривые при различных температурах можно получить диаграмму изотермического превращения переохлажденного аустенита , см. рис. 2 .



Для этого нужно отрезки времени , соответствующие началу ( точки *а* ) и концу ( точки *в* ) распада аустенита или какой - то степени превращения для каждой из исследуемых температур перенести на график температура - время , и одноименные точки соединить плавными кривыми . На диаграмме кривая 1 соответствует началу превращения , а кривая 2 характеризует конец превращения .

***8.Построение термокинетической диаграммы .***

Термокинетические диаграммы используются для разработки технологии термической обработки . По этим диаграммам можно получить данные о температурных интервалах протекания фазовых превращений при непрерывном охлаждении и об образующихся при этом структурных составляющих .

Существует два способа построения таких диаграмм.

1 способ. При непрерывном охлаждении образцов фиксируем их температуру осциллографом .Можно измерять какую-либо характеристику образца в процессе его охлаждения ( например , его длину при дилатометрическом методе ) и по отклонению этой характеристики от плавного изменения определить начало превращения .

2 способ . Охлаждаем серии образцов по одинаковому режиму , которые в разные моменты времени закаливаем в воде , а затем исследуем их структуру или свойства ,определяя по ним начало и конец превращения или степень оного ,при одном режиме непрерывного охлаждения .

Если исследуем фазовые превращения при распаде переохлажденного аустенита , то термокинетическую диаграмму строим в координатах температура - время на основе анализа серии кривых охлаждения , на которых отмечаем температуры начала и конца перлитного и промежуточного превращений и соответственно области этих превращений .

Из этих диаграмм можно увидеть , что при малых скоростях охлаждения в углеродистых сталях протекает только перлитный распад аустенита с образованием феррито-цементитной структуры с различной степенью дисперсности - перлит , сорбит , троостит .При высоких скоростях охлаждения - выше Vк - перлитный распад аустенита подавляется и аустенит претерпевает только мартенситное превращение .В легированных сталях существует и область промежуточного превращения , в которой аустенит претерпевает распад с образованием бейнита .

***9.Отжиг II рода.***

Отжиг второго рода - это термообработка , которая заключается в нагреве стали до температур выше точек Ас3 или Ас1 ,выдержке и последующем охлаждении. В результате мы получаем почти равновесное структурное состояние стали; в доэвтектоидных сталях - феррит + перлит , в эвтектоидных - перлит и в заэвтектоидных - перлит + вторичный цементит .

После отжига получаем : мелкое зерно, частично или полностью устраненные строчечность , видманштеттову структуру и другие неблагоприятные структуры .

Сталь получается снизкой прочностью и твердостью при достаточном уровне пластичности.

В промышленности отжиг II рода часто используется в качестве подготовительной и окончательной обработки.

Разновидности отжига II рода различаются способами охлаждения и степенью переохлаждения аустенита , а так же положением температур нагрева относительно критических точек .

9.1 ***Полный отжиг.***

Основные цели полного отжига - устранение пороков структуры , возникших при предыдущей обработке ( лить , горячей деформации или сварке ) , смягчение стали перед обработкой резанием и уменьшение напряжений , для придания стали определенных характеристик. Вцелом отжиг II рода проводят для приближения системя к равновесию.



 ***Полный*** отжиг заключается в нагреве доэвтектоидной стали до температур на 30-50 С выше температуры Ас3  (чрезмерное повышение температуры выше этой точки приведет к росту зерна аустенита , что вызовет ухудшение свойств стали), выдержке для полного прогрева и завершения фазовых превращений в объеме металла и последующем медленном охлаждении . Для заэвтектоидных сталей такой отжиг с нагревом выше Аcm не пойдет потому что при медленном охлаждении после такого нагрева образуется грубая сетка вторичного цементита , ухудшающая механические свойства . Для доэвтектоидных сталей время нагрева и продолжительность обработки зависят типа печи ,способа укладки , типа отжигаемого материала (лист,прокат , ...).Наиболее распространенная скорость нагрева составляет ~ 100 C / ч ,а продолжительность выдержки - от 0.5 до 1 часа на тонну изделия. Медленное охлаждение обусловленно необходимостью избежать образования слишком дисперсной ферритно-цементитной структуры и следовательно более высокой твердости. Скоростьохлаждения зависит от устойчивости переохлажденного аустенита ,а следовательно , от состава стали . Ее регулируют проводя охлаждение печи с закрытой или открытой дверцей , с полностью или частично выключенным обогревом.

При полном отжиге происходит полная фазовая перекристаллизация стали.При нагреве выше точки Ас3  образуется аустенит , характеризующийся мелким зерном ,который при охлаждении дает мелкозернистую структуру , обеспечивающую высокую вязкость , пластичность и получение высоких свойств после окончательной обработки.

Структура доэвтектоидной стали после полного отжига состоит из избыточного феррита и перлита.

Существует отжиг противоположный по целям обычному отжигу .Это ***отжиг на крупное зерно*** с нагревом до 950-1100 С , который применяют для улучшения обработки резанием мягких низкоуглеродистых сталей .

9.2 ***Неплный отжиг .***

Неполный отжиг доэвтектоидной стали проводят при нагреве до температур выше Ас1 , но ниже Ас3  . При таких температурах происходит частичная перекристаллизация стали , а именно лишь переход перлита в аустенит . избыточный феррит частично превращается в аустенит и значительная часть его не подвергается перерекристаллизации . Поэтому неполный отжиг не устраняет пороки стали связанные с нежелательными размерами и формой избыточного феррита . Для доэвтектоидной стали неполный отжиг применяется лишь тогда , когда отсутствует перегрев , ферритная полосчатость, и требуется только снижение твердости и смягчения перед обработкой резанием .

***9.3 Сфероидизирующий отжиг .***

Сфероидизирующий отжиг с нагревом несколько выше температуры Ас1 и несколько ниже точки Аr1 (740 -780 C ) и последующем медленном охлаждением применяют к заэвтектоидным сталям , что позволяет получить зернистую форму перлита вместо пластинчатой .

Для режима сфероидизирующего отжига заэвтектоидных сталей характерен узкий температурный интервал отжигаемости . Верхняя граница не должна быть выше слишком высокой , т.к. иначе при растворении центров карбидного выделения при охлаждении образуется пластинчатый перлит . а для сталей близких к эвтектоидному составу этот интервал особенно узок т.к. точки Асm и А1 сходятся при эвтектоидной концентрации .

Выдержка при постоянной температуре необходима для окончательного распада переохлажденного аустенита и коагуляции карбидов и составляет 4-6 часов в зависимости от массы отжигаемого металла .

Скорость охлаждения очень сильно влияет на конечную структуру . чем меньше скорость , тем до больших размеров вырастают глобули карбида при распаде аустенита. Регулируя скорость охлаждения , можно получать структуры глобулярного перлита от точечного до крупнозернистого . Более мелкозернистый перлит обладает повышенной твердостью .

На твердость будет оказывать влияние и повышение температуры отжига до 800-820 С .Твердость будет снижаться из-за развития сфероидизации , а при дальнейшем повышении температуры отжига твердость растет из-за появления все в большем количестве пластинчатого перлита .

Вчем состоит механизм сфероидизации ?

В результате деления цементитных пластин получаются мелкие частички цементита . Если избыточный цементит находится в виде сетки, что является дефектом , то перед отжигом предварительно проводят нормализацию для растворения сетки цементита в с последующем охлаждении на воздухе . При делении цементитные пластины растворяются в наиболее тонких участках , а также в местах выхода на межфазную поверхность Ц/А субграниц в цементите или аустените .Деление можно ускорить применив холодную пластическую или теплую деформацию при температурах ниже А1 . После деления пластин мелкие их частицы сфероидизируются , путем переноса углерода через окружающий твердый раствор .

Сфероидизирующему отжигу подвергают углеродистые , легированные инструментальные и шарикоподшипниковые стали . Кроме того , структкра зернистого перлита является наилучшей перед закалкой - меньше склонность к росту аустенитного зерна , шире допустимый интервал закалочных температур ,

 Если при при однократном отжиге не происходит полной сфероидизации цементита , то можно применить ***циклический отжиг .*** Например , углеродистую сталь несколько раз попеременно нагревают до 740 С и охлаждают до 680 С .



Пластина цементита при каждом нагреве частично растворяется в аустените . При каждом охлаждении из аустенита выделяется цементит на нерастворившихся остатках цементитных пластин . Попеременно растворяясь и подрастая , цементитная пластина постепенно округляется . Сложности возникают с контролированием колебаний температуры в больших массах материала в заданном интервале .

***9.4 Изотермический отжиг .***

Изотермический отжиг - термообработка , при которой после нагрева до температуры выше А3 на 50 - 70 С сталь ускоренно охлаждают до температуры изотермической выдержки , которая находится ниже точки А1 на 100-150 С . Затем проводим ускоренное охлаждение на воздухе .



 Чем ближе температура изотермической выдержки к точке А1 , тем больше межпластинчатое расстояние в перлите и мягче сталь , но больше и время превращения . А т.к. основная цель изотермического отжига - смягчение стали , то выбирают такую температуру , при которой получается требуемое смягчение за небольшой промежуток времени .

Преимуществ изотермического отжига - сокращение времени обработки по сравнению с обычным отжигом , что особенно чувствуется при работе с легированными сталями . Для наибольшего ускорения отжига температуру изотермической выдержки выбирают близкой к температуре минимальной устойчивости переохлажденного аустенита в перлитной области .

Другое преимущество - получение более однородной структуры , т.к. при изотермической выдержке температура по сечению изделия выравнивается и превращение во всем объеме стали происходит при одинаковой степени переохлаждения . После отжига при температуре до 930-950 С укркпняеися зерно аустенита , улучшается обрабатываемость резанием и повышается чистота поверхности

Изотермическому отжигу подвергаются штамповки , заготовки инструментов и других изделий небольших размеров .

***10. Нормализация .***

Нормализация заключается в нагреве до температур на 30-50 К выше линии GSE ,непродолжительной выдержке для прогрева и завершения фазовых превращений и охлаждении на воздухе. Скорость охлаждения зависит от массы изделия и отношения его поверхности к объему.

Нормализацию чаще всего применяют как промежуточную операцию для устранения пороков строения и общего улучшения структуры перед закалкой , а также для смягчения стали перед обработкой резанием.Тоесть цели ее близки к целям отжига.

Нормализация вызывает полную фазовую перекристаллизацию стали и устраняет крупнозернистую структуру , полученную при литье или прокатке, ковке или штамповке.Кроме того , частично подавляется выделение избыточной фазы ( феррита или вторичного цементита) и , следовательно, образуется квазиэвтектоид. Таким образом , прочность стали после нормализации должна быть больше , чем прочность после отжига,т.к. по сравнению с печью ускоренное охлаждение на воздухе приводит к распаду аустенита при более низких температурах , что повышает дисперсность ферритно-цементитной структуры и увеличивает количество перлита или точнее квазиэвтектоида типа сорбита или троостита.

Но не всегда нормализация предподчтительнее отжига . Все зависит от состава стали т.к. склонность аустенита к переохлаждению растет с увеличением содержания в нем углерода и легирующих элементов.

Нормализацию широко применяют вместо смягчающего отжига к низкоуглеродистым сталям , в которых аустенит слабо переохлаждается.Но она не может заменить смягчающий отжиг высокоуглеродистых сталей , которые сильно упрчняются при охлаждении на воздухе из-за значительного переохлаждения аустенита.

В заэвтектоидной стали нормализация устраняет грубую сетку вторичного цементита.При нагреве выше точки А вторичный цементит растворяется , а при последующем охлаждении на воздухе он не успевает образовать грубую сетку , понижающую свойства стали.

Очень часто нормализация служит для общего измельчения структуры перед закалкой. Выделения избыточного феррита и эвтектоид становятся более дисперсными и тем самым облегчается образование гомогенного аустенита при нагреве под закалку .

Как окончательную термообработку нормализацию применяют к низкоуглеродистым низколегированным , средне- и высокоуглеродистым доэвтектоидным сталям .

***11. Одинарная темообработка .***



Одинарная термообработка заключается в нагреве стали выше А3 , среднезамедленном охлаждении струей сжатого воздуха и душировании водой . Небольшая выдержка обусловленна необходимостью попасть в область сорбита .

После такой обработки получается пластинчатые структуры - сорбит или троостит .

***12. Патентирование.***

Патентирование - термообработка , применяемая для получения высокопрочной канатной, пружинной и рояльной проволок. Проволоку из углеродистых сталей , содержащих 045-085 % С ,нагревают в проходной печи до температур на 150-200 градусов выше Ас3 , пропускают через свинцовую или соляную ванну при Т=450-550 С и наматывают на приводной барабан.

Высокая температура нагрева необходима для гомогенизации аустенита. Скорость движения проволоки должна быть такой , чтобы время пребывания в ванне было несколько больше времени окончания перлитного превращения. Иначе , при выходе проволоки из ванны аустенит , не успевший претерпеть перлитный распад , превращается в нижний бейнит или мартенсит и пластические свойства проволоки резко снижаются.

При выходе из ванны проволока имеет ферритно-цементитную структуру с очень малым межпластинчатым расстоянием и отсутствием зерен избыточного феррита. Благодаря этому проволока способна выдерживать большие обжатия при холодной протяжке без обрывов.

Получаемая структура называется квазиэвтектоидной .

Список литературы.

1. Новиков И.И. Теория термичесеой обработки металлов .М.: Металлургия,1986.

2. Лахтин Ю.М. Металловедение и термическая обработка металлов.

 М.: Металлургия , 1993

3. Лившиц Металлография. М.: Металлургия ,1994.