**Задание для обучающихся**

**с применением дистанционных образовательных технологий**

**и электронного обучения**

Дата: 14 декабря 2020г.

Группа: А-19

Учебная дисциплина: Материаловедение

Тема занятия: Назначение режима термической обработки стали

Форма: практическая работа

**Содержание занятия:**

1. Повторение теоретического материала
2. Контрольные вопросы

**Теоретический материал**

**1.Диаграмма железо-цементит**

Диаграмма железо-цементит представлена на рисунке 1.



Ф – феррит, А – аустенит, П – перлит, Л – ледебурит, Ц – цементит

Рисунок 1- Диаграмма состояния железо-цементит

**Технология термической обработки стали**

Различают следующие виды термической обработки: отжиг, нормализация, закалка и отпуск.

**Отжиг.**Это вид термической обработки, заключающийся в нагреве стали до определенной температуры, выдержке при этой температуре и медленном охлаждении вместе с печью. Цели отжига – снижение твердости и улучшение обрабатываемости стали, получение равновесной структуры, выравнивание химического состава, снятие внутренних напряжений.

Существуют различные виды отжига – диффузионный, рекристаллизационный, полный, неполный, отжиг на зернистый перлит, отжиг для снятия внутренних напряжений и другие (рисунок 2).

**Диффузионный отжиг** (1) заключается в нагреве до 1000…1000°С, длительной выдержке (10…15 часов) и последующем медленном охлаждении. В результате происходит выравнивание неоднородности стали по химическому составу.

**Рекристаллизационный отжиг**(2)предназначен для снятия наклепа и внутренних напряжений после холодной деформации. Температура нагрева рекристаллизационного отжига 650…700°С. В результате образуется однородная мелкозернистая структура с небольшой твердостью и значительной вязкостью.



Рисунок 2-Температура нагрева стали при различных видах отжига

**Отжиг для снятия внутренних напряжений**(низкий отжиг) (3). Температура нагрева 200…600°С. Применяется, когда структура стали удовлетворительна и необходимо только снять внутреннее напряжение, возникающее при кристаллизации, после сварки или механической обработки.

**Полный отжиг**(5) применяется для доэвтектоидных сталей. Нагрев стали выше линии GS (Ас3) на 30…50°С. Структура, состоящая из крупных зерен феррита и перлита, превращается в аустенит, а при медленном охлаждении в структуру из мелких зерен феррита и перлита. При полном отжиге измельчается зерно, снижается твердость и прочность, повышается пластичность.

**Неполный отжиг**(6) нагрев выше линии PSК (Ас1) на 30…50°С. Он производится, если исходная структура вполне удовлетворительна.

**Отжиг на зернистый перлит**(7), или циклический отжиг, – это 3-5 кратный нагрев до 740…750°С, изотермическая выдержка и медленное охлаждение до 680°С (ниже А1). В результате получается структура зернистого перлита и сталь становится пластичной, с меньшей твердостью и прочностью по сравнению с пластинчатым перлитом. Применяется для подготовки сталей к закалке или для улучшения обрабатываемости резанием.

**Изотермический отжиг** (перекристаллизационный отжиг – возможно полное изменение фазового состава) проводят с целью экономии времени. Он осуществляется по следующей схеме. Нагрев доэвтектоидной стали выше Ас3, заэвтектоидной – выше Ас1. Выдержка до полного фазового превращения. Быстрое охлаждение до температуры на 30…100°С ниже Аr1, изотермическая выдержка до полного распада аустенита в перлит и охлаждение на спокойном воздухе. Этим экономится время, достигается (за счет изотермической выдержки) однородность структуры, особенно у легированных сталей.

**Нормализация**(4) – разновидность полного отжига. Нагрев на 30…50°C выше Ас3 или Асm, выдержка и охлаждение на спокойном воздухе. Отличие нормализации от полного отжига в скорости охлаждения – при нормализации она выше. Проводится с целью экономии времени как заключительная операция для низкоуглеродистых и легированных сталей, но чаще как промежуточная операция, улучшающая структуру заэвтектоидной стали перед закалкой. Твердость и прочность стали выше, чем после отжига.

**Закалка** **стали.**Закалка **–** вид термической обработки, состоящий в нагреве стали выше критических точек, выдержке и последующем быстром охлаждении. В результате закалки повышается твердость и прочность, но снижается пластичность и вязкость.

Основные параметры при закалке – температура нагрева и скорость охлаждения. Температуру нагрева определяют по диаграммам состояния, скорость охлаждения – по диаграммам изотермического распада аустенита.

Для полного отжига, нормализации и закалки изделия нагревают практически до одинаковых температур, основное отличие этих видов термообработки состоит в скорости охлаждения.

**Температура закалки** для доэвтектоидных сталей – Ас3(линия GS диаграммы) + (30…50)°C. Если нагреть до температуры между критическими точками Ас1 и Ас3 то после закалки в структуре мартенсита появится феррит, что ухудшает свойства изделия.

Заэвтектоидные стали нагревают до температуры Ас1(линия РSК диаграммы) + (40…60)°C, это так называемая неполная закалка, сохраняющая в структуре стали цементит. После закалки получается структура мартенсита с включениями цементита вторичного, что повышает твердость и износостойкость.

Время и скорость нагрева зависит от размеров изделия и теплопроводности стали (имеются эмпирические формулы в справочниках).

Продолжительность выдержки при температуре закалки выбирают такой, чтобы произошла гомогенизация аустенита.

**Скорость охлаждения** зависит от охлаждающей среды, формы изделия, теплопроводности стали.

Основные требования к охлаждающей среде – высокая скорость охлаждения в области температур 650…550°С – область наименьшей устойчивости переохлажденного аустенита и более низкая скорость, ниже 300°С – область мартенситного превращения. В первой области желательно подавить диффузионные процессы, а во второй уменьшить термические и структурные напряжения.

В качестве закалочных сред для углеродистых сталей используют воду, минеральные масла, для легированных сталей дополнительно – расплавленные соли, растворы NaOH и NaCl в воде и т.д.

Основными технологическими свойствами, характеризующими процесс закалки стали, являются закаливаемость – способность стали повышать твердость в результате закалки (зависит от содержание углерода) и прокаливаемость – способность стали получать закаленный слой с мартенситной или мартенситно-трооститной (50/50) структурой и высокую твердость на ту или иную глубину (зависит от критической скорости закалки). Характеристикой прокаливаемости являются Dкр–критический диаметр – максимальный диаметр прутка, который закаливается насквозь в данном охладителе.В этом случае на поверхности изделия и в его центре скорость охлаждения больше критической. С введением в сталь легирующих элементов закаливаемость и прокаливаемость стали увеличивается.

**Способы закалки стали.**Существуют различные способы охлаждения стали при закалке. Они выбираются в зависимости от формы изделия, марки стали и необходимого комплекса свойств (рисунок 3).

Закалку в одном охладителе (V3) применяют для простых изделий. Основной недостаток закалки – большие термические напряжения в металле.

Закалку в двух охладителях (V4) (например, вода и масло) используют для деталей более сложной формы.

Ступенчатая закалка (V5) проводится по следующей схеме: деталь охлаждают в среде, имеющей температуру несколько выше Мн, и выдерживают до приобретения деталью температуры закалочной среды, но не превышают времени устойчивости аустенита при этой температуре и затем охлаждают с небольшой скоростью.

При изотермической закалке (V6) деталь охлаждают в среде с температурой выше Мн (и соответствующей получаемой структуре) и выдерживают в течение времени, необходимого для полного превращения аустенита в необходимую структуру.

Закалка с самоотпуском применяется для обработки ударного инструмента (зубил кузнечного инструмента и т.д.), когда требуется постепенное понижение твердости от поверхности изделия к центру. Охлаждение проводят в одном охладителе и прерывают, когда сердцевина еще имеет достаточно тепла, за счет которого поверхностный слой вновь нагревается и таким образом происходит отпуск.



V1 – изотермический отжиг, V2 – нормализация, V3 – закалка в 1 среде,V4 – закалка в 2-х средах, V5 – ступенчатая закалка, V6 – изотермическая закалка, V7 – неполная закалка

Рисунок 3- Различные способы термической обработки

Поверхностная закалка применяется для получения изделия с вязкой сердцевиной и твердой износостойкой поверхностью. Известно несколько методов быстрого нагрева поверхностного слоя (токами высокой частоты, лазером и др.). Наибольше применение нашел нагрев токами высокой частоты (ТВЧ) с последующим быстрым охлаждением. Нагрев поверхности до температуры Ас3происходит за 3…5 секунд, в это время сердцевина прогревается ниже Ас1, поэтому поверхность закаленного изделия приобретает мартенситную структуру, а сердцевина остается без изменений (перед закалкой изделие обычно нормализуют). Твердость поверхности после закалки и низкого отпуска – 54…58 HRC.

Обработка холодом предложена для легированных сталей, температура мартенситного превращения Мк которых лежит ниже нуля. Обработка холодом вызывает превращения остаточного аустенита в мартенсит, что повышает твердость, износостойкость, стабилизирует размеры изделия. Обработку производят сразу после закалки, чтобы не произошла стабилизация А, и затем проводят отпуск, чтобы снять напряжения.

**Отпуск** – нагрев закаленной стали до температур ниже критической точки Ас1, выдержка при этой температуре и охлаждение (обычно на воздухе).

Отпуск – окончательная термообработка, и его целью является изменение строения и свойств стали: повышение вязкости и пластичности, уменьшение твердости и устранение внутренних напряжений.

В зависимости от температуры нагрева различают три вида отпуска: низкотемпературный (низкий), среднетемпературный (средний) и высокотемпературный (высокий).

При низком отпуске закаленную сталь нагревают до 150…200°С, выдерживают в течение 1…3 часов и охлаждают. Структура – отпущенный мартенсит. Применяется для закаленных и химико-термически отработанных углеродистых и легированных сталей, от которых требуется высокая твердость (58…63HRC), износостойкость и стабильность размеров (инструмент). Снимаются (частично) закалочные напряжения, происходит некоторое увеличение пластичности и вязкости.

При среднем отпуске закаленную сталь нагревают на 350…450°С. Получаемая структура, троостит отпуска зернистый, обладает высокой твердостью (40-50HRC), прочностью, хорошей упругостью и достаточной вязкостью. Применяется для пружин, рессор, штампов, ударного инструмента.

При высоком отпуске закаленные изделия нагревают до 500…650°С, выдерживают и охлаждают. Структура – зернистый сорбит (цементит приобретает зернистую структуру). Это существенно повышает ударную вязкость и пластичность при твердости 30…40HRC, получается оптимальное для конструкционных сталей сочетание механических свойств.

Высокому отпуску подвергаются среднеуглеродистые (0,3…0,5%С) и легированные стали. Он применяется для деталей, подвергающихся действию высоких нагрузок. Закалку с высоким отпуском называют улучшением.

**Примеры решения задач**

**Задача 1. Назначить режим отжига для стали 40 (0,40 % углерода).**

Режим отжига стали: нагрев на 30-500С выше линии GSK, выдержка, медленное охлаждение (в печи).

По диаграмме железо- цементит определяем для стали 40 на линии GS температура 8300С. Значит для отжига стали 40 температура 860-8800С, выдержка, медленное охлаждение в печи.

**Задача 2. Назначить режим закалки для стали У10(1% углерода).**

Режим закалки стали: нагрев на 30-500С выше линии GSK, выдержка, быстрое охлаждение (в воде – для низкоуглеродистых сталей, в масле – для высокоуглеродистых, легированных сталей).

По диаграмме железо-цементит определяем для стали У10 на линии SK температура 7270С. Значит, для стали У10 температура закалки 757-7770С, выдержка, охлаждение в масле.

**Задача 3. Назначить режим нормализации для стали У12 (1,2%С).**

Режим нормализации стали: нагрев на 30-500С выше линии GSЕ, выдержка, охлаждение на спокойном воздухе.

По диаграмме железо-цементит определяем для стали У12 на линии SЕ температура 9000С. Значит, для стали У12 температура нормализации 930-9500С, выдержка, охлаждение на спокойном воздухе.

**Задание:**

1. Повторите теоретический материал.
2. Задания для практической работы:
3. Назначьте режим закалки и высокого отпуска для стали 45 (0,45%С);
4. Назначьте режим нормализации для стали У10 (1% углерода).

**Форма отчета.**

1. Сделать фото ответов на вопросы в тетради (можно отвечать в электронном виде)
2. **Срок выполнения задания** 14.12.2020г.
3. **Получатель отчета.** Сделанные фото высылаем в Google Класс.