**Разработка технологического процесса термической обработки детали**

Разработать технологический процесс термической обработки стальной детали: Зубчатое колесо полуоси.

Марка стали: Ст. 18ХГТ

Твердость после окончательной термообработки: HRC 56-62 (пов.), НВ 363-415 (серд.)

Цель задания: *практическое ознакомление с методикой разработки технологического процесса термической обработки деталей (автомобилей, тракторов и сельскохозяйственных машин); приобретение навыков самостоятельной работы со справочной литературой, более глубокое усвоение курса, а также проверка остаточных знаний материала, изучаемого в 1 семестре.*

Порядок выполнения задания:

Расшифровать марку заданной стали, описать ее микроструктуру, механические свойства до окончательной термообработки и указать, к какой группе по назначению она относится.

Описать характер влияния углерода и легирующих элементов заданной стали на положение критических точек Ас1 и Ас3, Асm. Рост зерна аустенита, закаливаемость и прокаливаемость, на положение точек Мн и Мк, на количество остаточного аустенита и на отпуск. При отсутствии легирующих элементов в заданной марке стали описать влияние постоянных примесей (марганца, кремния, серы, фосфора, кислорода, азота и водорода) на ее свойства.

Выбрать и обосновать последовательность операции предварительной и окончательной термообработки деталей, увязав с методами получения и обработки заготовки (литье, ковка или штамповка, прокат, механическая обработка).

Назначить и обосновать режим операций предварительной и окончательной термообработки деталей (температура нагрева и микроструктура в нагретом состоянии, охлаждающая среда).

Описать микроструктуру и механические свойства материала детали после окончательной термообработки.

1. Расшифровка марки стали

Сталь марки 18ХГТ: хромомарганцевая сталь содержит 0,18% углерода, до 1% хрома, марганца.

Эта марка стали относится к группе легированных конструкционных сталей, это детали, из которых наряду с повышенной прочностью и износостойкостью требуется наличие пружинящих свойств (например, это такие детали как: цанги, разрезные кольца, пружинные шайбы, фрикционные диски, коленчатые валы, полуоси, цапфы, червяки, шестерни). Детали, подвергающиеся закалке и отпуску; эта сталь успешно заменяет дорогостоящие хромоникелевые стали. Хром является легирующим элементом, он широко применяется для легирования. Содержание его в конструкционных сталях составляет 0,7 – 1,1%. Присадка хрома, образующего карбиды, обеспечивает высокую твердость и прочность стали. После цементации и закалки получается твердая и износоустойчивая поверхность и повышенная по сравнению с углеродистой сталью прочностью сердцевины. Эти стали применяются для изготовления деталей, работающих при больших скоростях скольжения и средних давлениях (для зубчатых колес, кулачковых муфт, поршневых пальцев и т.п.). Хромистые стали с низким содержанием углерода подвергают цементации с последующей термической обработкой, а со средним и высоким содержанием углерода – улучшению (закалке и высокому отпуску). Хромистые стали имеют хорошую прокаливаемость. Недостатком хромистых сталей является их склонность к отпускной хрупкости второго рода.

Некоторые детали работают в условиях поверхностного износа, испытывая при этом и динамические нагрузки. Такие детали изготавливают из низкоуглеродистых сталей, содержащих 0,10–0,30 % С, подвергая их затем цементации. В цементуемые стали титан вводят только для измельчения зерна. При большем его содержании он уменьшает глубину цементованного закаленного слоя и прокаливаемость. При ХТО следует учитывать, что бор, увеличивая прокаливаемость, способствует росту зерна при нагреве. Для уменьшения чувствительности сталей к перегреву их дополнительно легируют Тi или Zr. Обычно изделия, изготовленные из высоколегированных цементуемых сталей, подвергают цементации на небольшую глубину.

Вид поставки:

Сортовой прокат, в том числе фасонный: ГОСТ 4543-71, ГОСТ 259071, ГОСТ 2591-71, ГОСТ 2879-69. Калиброванный пруток ГОСТ 7417-75, ГОСТ 8559-75, ГОСТ 8560-78, ГОСТ 1051-73. Шлифованный пруток и серебрянка ГОСТ 4543-71, ГОСТ 14955-77. Полоса ГОСТ 103-76. Поковки и кованые заготовки ГОСТ 1133-71.

Таблица 1. Массовая доля элементов, %

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Ti | Cu |
| 0,16 – 0,18 | 0,17 – 0,37 | 0,80 – 1,10 | ≤ 0,035 | ≤ 0,035 | 1,00 -1,30 | ≤ 0,30 | 0,03 – 0,09 | ≤ 0,30 |

Таблица 2. Механические свойства

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Сечение, мм | s 0,2 , МПа | s B , МПа | d 5 , % | y , % | KCU, Дж/м 2 | HB | HRC э |
| Нормализация 880-950 °С. Закалка 870 °С, масло. Отпуск 200 °С, воздух или вода. | | | | | | | |
| Образцы | 880 | 980 | 9 | 50 | 78 |  |  |
| Нормализация 930-960 °С. Цементация 930-950 °С. Закалка 825-840 °С, масло. Отпуск 180-200 °С. | | | | | | | |
|  | 360 | 640 |  |  |  | 157-207 |  |
| 50 | 800 | 1000 | 9 |  |  | 285 | 57-63 |
| Цементация 920-950 °С, воздух. Закалка 820-860 °С, масло. Отпуск 180-200 °С, воздух. | | | | | | | |
| 20 | 930 | 1180 | 10 | 50 | 78 | 341 | 53-63 |
| 60 | 780 | 980 | 9 | 50 | 78 | 240-300 | 57-63 |

Таблица 3.Температура критических точек, 0С.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Ас1 | Ас3 | Аr1 | Ar3 |
| 740 | 725 | 650 | 730 |

Назначение:

Улучшаемые или цементируемые детали ответственного назначения, от которых требуется повышенная прочность и вязкость сердцевины, а также высокая поверхностная твердость, работающая под действием ударных нагрузок.

2. Анализ влияния углерода и легирующих элементов стали на технологию ее термообработки и полученные результаты

Хром – относительно дешевый и очень распространенный легирующий элемент. Он повышает точку А3 и понижают точку А4 (замыкает область γ-железа). Температура эвтектоидного превращения стали (точку А1) в присутствии хрома повышается, а содержание углерода в эвтектоиде (перлите) понижается. С углеродом хром образует карбиды (Cr7C3,Cr4C) более прочные и устойчивые, чем цементит. При содержании хрома 3 - 5% в стали одновременно присутствуют легированный цементит и карбид хрома Cr7C3, а если более 5% хрома, то в стали находится только карбид хрома. Растворяясь в феррите, хром повышает его твердость и прочность и прочность, незначительно снижая вязкость. Хром значительно увеличивает устойчивость переохлажденного аустенита.

В связи с большой устойчивостью переохлажденного аустенита и длительностью его распада, изотермический отжиг и изотермическую закалку хромистой стали проводить нецелесообразно.

Хром значительно уменьшает критическую скорость закалки, поэтому хромистая сталь обладает глубокой прокаливаемостью. Температура мартенситного превращения при наличии хрома снижается. Хром препятствует росту зерна и повышает устойчивость против отпуска. Поэтому отпуск хромистых сталей проводится при более высоких температурах по сравнению с отпуском углеродистых сталей. Хромистые стали подвержены отпускной хрупкости и поэтому после отпуска детали следует охлаждать быстро (в масле).

Карбидообразующими элементами являются хром и марганец. При растворении карбидообразующих элементов в цементите образующиеся карбиды называются легированным цементитом. При повышении содержания карбидообразующего элемента образуются самостоятельные карбиды данного элемента с углеродом, так называемые простые карбиды, например, Cr7C3, Cr4C, Mo2C. Все карбиды очень тверды (HRC 70 - 75) и плавятся при высокой температуре (Cr7C3 примерно при 1700°С).

При наличии карбидообразующих элементов кривая изотермического распада не сохраняет свой обычный С-образный вид, а становится как бы двойной С-образной кривой. На такой кривой наблюдаются две зоны минимальной устойчивости аустенита и между ними – зона максимальной устойчивости аустенита. Верхняя зона минимальной устойчивости аустенита расположена в интервале температур 600 - 650°С. В этой зоне происходит распад переохлажденного аустенита с образованием феррито-цементитной смеси.

Нижняя зона минимальной устойчивости аустенита расположена в интервале температур 300 - 400°С. В этой зоне происходит распад переохлажденного аустенита с образованием игольчатого троостита.



*Микроструктура игольчатого троостита*

Необходимо иметь в виду, что карбидообразующие элементы только в том случае повышают устойчивость аустенита, если они растворены в аустените. Если же карбиды находятся вне раствора в виде обособленных карбидов, то аустенит, наоборот, становится менее устойчивым. Это объясняется тем, что карбиды являются центрами кристаллизации, а также тем, что наличии нерастворенных карбидов приводит к обеднению аустенита легирующим элементом и углеродом.

При большом содержании хрома в стали находятся специальные карбиды хрома. Твердость такой стали при нагревании до более высокой температуры 400 - 450°С почти не изменяется. При нагревании до более высокой температуры (450 - 500°С) происходит повышение твердости.

3. Последовательность операции предварительной и окончательной термообработки деталей

Зубчатые колеса полуоси работают при больших скоростях скольжения и средних давлениях, поэтому основным требованием, предъявляемым к легированным конструкционным сталям, является сочетание высокой прочности, твердости и вязкости. Наряду с этим они должны иметь хорошие технологические и эксплуатационные свойства и быть дешевыми. Введение в сталь легирующих элементов само по себе уже улучшает ее механические свойства.

Для получения после цементации и последующей термической обработки высокой твердости поверхности и пластичной сердцевины детали изготовляют из низкоулеглеродистых сталей 15 и 20. получающаяся после цементации и последующей термической обработки твердая и прочная сердцевина у сталей с повышенным содержанием углерода предохраняет цементованный слой от продавливания при больших предельных нагрузках. Это позволяет снизить глубину цементованного слоя, т.е. сократить длительность цементации.

Доэвтектоидные стали при закалке нагревают до температуры на 30 -50°С выше верхней критической точки Ас3. При таком нагревании исходная феррито-перлитная структура превращается в аустенит, а после охлаждения со скоростью больше критической образуется структура мартенсита. Скорость охлаждения оказывает решающее влияние на результат закалки. Преимуществом масла является то, что закаливающаяся способность не изменяется с повышением температуры масла.

Масло недостаточно быстро охлаждает при 550 - 650°С, что ограничивает его применение только тех сталей, которые обладают небольшой критической скоростью закалки.

4. Режим операций предварительной и окончательной термообработки деталей (температура нагрева и микроструктура в нагретом состоянии, охлаждающая среда)

Последовательность операций обработки поршневого пальца, изготовленного из стали 18ХГТ:

Отливка – цементация - механическая обработка - закалка - высокий отпуск - механическая обработка;

В результате длительной выдержки при высокой температуре цементации происходит перегрев, сопровождающийся ростом зерна. Для получения высокой твердости цементованного слоя и достаточно высоких механических свойств сердцевины, а также для получения в поверхностном слое мелкоигольчатого мартенсита, деталь после цементации подвергнем последующей термической обработке.

В результате цементации поверхностный слой деталей науглероживается (0,8 – 1% С), а в сердцевине остается 0,12 – 0,32% С, т.е. получается как бы двухслойный металл. Поэтому для получения нужной структуры и свойств в поверхностном слое и в сердцевине необходима двойная термическая обработка.

Первая – закалка от 850 - 900°С; Вторая от 750 - 800°С и отпуск при 150 - 170°С. В результате первой закалке улучшается структура низкоуглеродистой сердцевины (перекристаллизация). При этой закалке структура поверхностного слоя тоже улучшается, так как быстрым охлаждением устраняется цементитная сетка. Но для науглероживания поверхностного слоя температура 850 - 900°С является слишком высокой и поэтому не устраняет перегрева. После цементации деталь поступает на механическую обработку. Основная цель закалки стали это получение высокой твердости, и прочности что является результатом образования в ней неравновесных структур – мартенсита, троостита, сорбита. Заэвтектоидную сталь нагревают выше точки Ас1 на 30 - 90 0С. Нагрев заэвтектоидной стали выше точки Ас1 производится для того, чтобы сохранить в структуре закаленной стали цементит, является еще более твердой составляющей, чем мартенсит (температура заэвтектоидных сталей постоянна и равна 760 - 780 0С). Вторая закалка от 750 - 800°С является нормальной закалкой для науглероженного слоя – устраняется перегрев и достигается высокая твердость слоя. Отпуск при 150 - 170°С проводится для снятия внутренних напряжений. После такого режима термической обработки структура поверхностного слоя – мелкоигольчатый мартенсит с вкраплениями избыточного цементита, а сердцевины – мелкозернистый феррит+перлит.

Механические свойства стали после термической обработки:

- Твердость в сердцевине повысилась до HRC 56-62 (пов.), НВ 363-415 (серд.)

- Предельная прочность (σв) равна 620 Н/мм2;

Физические свойства

|  |  |
| --- | --- |
| Температура испытания, °С | 800 |
| Модуль нормальной упругости, Е, ГПа | 129 |
| Модуль упругости при сдвиге кручением G, ГПа | 49 |
| Плотность, pn, кг/см3 | 7800 |
| Коэффициент теплопроводности Вт/(м ·°С) | 29 |
| Температура испытания, °С | 20- 900 |



*Микроструктура закаленной углеродистой стали после отпуска*

**Список использованной литературы**

1. Пожидаева С.П. Технология конструкционных материалов: Уч. Пособие для студентов 1 и 2 курса факультета технологии и предпринимательства. Бирск. Госуд. Пед. Ин-т, 2002.

2. Марочник сталей и сплавов. 2-е изд., доп. и испр. / А.С. Зубченко, М.М. Колосков, Ю.В. Каширский и др. Под общей ред. А.С. Зубченко – М.: Машиностроение, 2003.

3. Самохоцкий А.И. Технология термической обработки металлов, М., Машгиз, 1962.