**Разработка технологического процесса термической обработки детали.**

* Разработать технологический процесс термической обработки стальной детали: Вал коробки передач.
* Марка стали: Ст. 25ХГМ
* Твердость после окончательной термообработки:

HRC 60-65 (пов.), НВ 363 – 444.

 **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:**

1. Расшифровать марку заданной стали, описать ее микроструктуру, механические свойства до окончательной термообработки и указать, к какой группе по назначению она относится.
2. 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.
3. Выбрать и обосновать последовательность операции предварительной и окончательной термообработки деталей, увязав с методами получения и обработки заготовки (литье, ковка или штамповка, прокат, механическая обработка).
4. Назначить и обосновать режим операций предварительной и окончательной термообработки деталей (температура нагрева и микроструктура в нагретом состоянии, охлаждающая среда).
5. Описать микроструктуру и механические свойства материала детали после окончательной термообработки.
6. **Расшифровка марки стали.**

**Сталь марки 25ХГМ**: хромомарганцевая сталь с содержанием углерода 0,25%, до 1% хрома, марганца и молибдена.

Сталь 25ХГМ можно классифицировать по следующим признакам:

* по назначению - конструкционная (машиностроительная) цементируемая (нитроцементируемая);
* по химическому составу – легированная;
* по содержания углерода – низкоуглеродистая;
* по степени раскисления – спокойная.

**Таблица 1. Массовая доля элементов, % по ГОСТ 4543-71**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **C** | **Mo** | **S** | **Mn** | **P** | **Cr** | **Cu** |
| 0,23 – 0,29 | 0,20 –0,30 | ≤ 0,035 | 0,90 –1,20 | ≤ 0,035 | 0,90 – 1,20 | ≤ 0,30 |

**Температура критических точек, 0С.**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Ас1** | **Ас3** | **Аr1** | **Ar3** |
| **770** | **825** | **665** | **860** |

**Назначение:**

Зубчатые колеса, валы, шестерни, кулачковые муфты, червяки, поршневые пальцы, оси, коленчатые валы, втулки и другие нагруженные крупные деталями, работающие в условиях ударных нагрузок.

**Механические свойства** стали 25ХГМ в состоянии поставки: твёрдость в горячекатаном состоянии – НВ2050…2150.

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

Хром – 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.

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).

Введение легирующих элементов оказывает влияние на перлитное превращение. Температура перлитного превращения под влиянием различных легирующих элементов может понижаться или повы­шаться, а концентрация углерода в перлите уменьшается-. В связи с этим точка S на диаграмме Fe—Fe3C понижается или повышается и одновременно сдвигается влево. Следовательно, при введении леги­рующих элементов происходит смещение равновесных точек на диа­грамме Fe—Fe3C.

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.

1. **Выбор вида термической обработки.**

 Сталь 25ХГМ поставляется заказчику в горячекатаном состоянии. После прокатки сталь охлаждают на воздухе. Структура – мелкозернистый перлит и феррит. Твёрдость – НВ2050…2150. Механическая обработка резаньем стали такой структуры и твёрдостью очень затруднена. С целью улучшения обрабатываемости и подготовки структуры к окончательной термической обработке сталь подвергают предварительной термической обработке.

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

Последовательность операций обработки червяк руля, изготовленного из стали 25 ХГМ:

Отжиг - цементация - механическая обработка - закалка отпуск - механическая обработка;

Способ предварительной термической обработки выбирается в зависимости от марки стали. Для заготовки из стали 25ХГМ выбираем изотермический отжиг. Отжиг состоит в нагреве до определённой температуры с последующей выдержкой и медленным охлаждением в печи для получения равновесной, менее твёрдой структуры, свободной от остаточных напряжений.

Температура нагрева для отжига рассчитывается по формуле:

tn = АС3+(30…50) °С = 860 + (30…50) °С = 890…910°С

Отжиг производится в следующей последовательности:

1. Нагрев до температуры 890…910`C;
2. Сравнительно быстрое охлаждение до 615…635`C;
3. Выдержка. Время изотермической выдержки определяем по справочнику. Для каждой стали свой график изотермического процесса;
4. Охлаждение на воздухе.

Окончательная термическая обработка:

Операция окончательной термической обработки выбираются в зависимости от технических требований к заданной детали. Так как по техническим требованиям необходима высокая твёрдость и контактная выносливость, выбираем, с учётом марки стали, следующие операции: цементация, закалка в масле и низкий отпуск. Цементацией называется процесс диффузионного насыщения поверхностного слоя стальных деталей углеродом.

Выбор последовательности всех операций термической обработки.

Назначаем последовательности всех операций изготовления вала первичной коробки передач (от проката до готового изделия). Последовательность операций изображается графически с указанием номера операции в общем техническом процессе изготовления детали.

Назначение режимов окончательной термической обработки.

1. Температура нагрева рассчитаем по формуле:

tn = АС3+(30…50) °C = 860 + (30…50) °C = 890…910°C

1. Время выдержки. Учитывая, что при газовой цементации цементированный слой толщиной 1 мм образуется за 6 - 7 часов, примем время выдержки равное 10 – 12 часам.

3) В качестве закаливающей среды выбираем масло трансформаторное, температурой 170°C.

4) Температура нагрева при отпуске: τн =180°C

5) Продолжение отпуска: 1,5-2 часа.

Окончательная структура после термической обработки – мартенсит отпуска с включениями глобулярных карбидов, сердцевина – сорбит, тростит.

Механические свойства 25ХГМ после термической обработки: Твёрдость поверхности – HRC58…63, сердцевины – HRC35…45.

σв = 1080МПа; σт = 1080МПа; δ=10%; KCU=78 Дж/см

Выбор оборудования.

 Выбор оборудования производим в соответствии с назначенными видами и рассчитанными видами термической обработки.

Выбираем: Для цементации - шахтная печь для газовой цементации СШЦ – 3.4/10. Диаметр 300 мм, высота 600 мм, максимальная температура 1050°C, мощность 20 КВт.

Для отпуска - отпускной конвейерный электропечной агрегат с защитной атмосферой СКО-20.155.04/3 Максимальная температура нагрева 300°C, мощность 350КВт, площадь пода 2\*1,5м.

Для отжига – закалочная печь с защитной атмосферой.

Микроструктура мартенсита

**Механические свойства стали после термической обработки:**

- Твердость HRC 56-62 (пов.), HRC 36-46 (серд.)

- Предельная прочность (σв) равна 578 Н/мм2;

**Использованная литература:**

1. Гуляев А.П. Металловедение. - М.: Металлургия, 1977.
2. *Пожидаева С.П.* Технология конструкционных материалов: Уч. Пособие для студентов 1 и 2 курса факультета технологии и предпринимательства. Бирск. Госуд. Пед. Ин-т, 2002.
3. *Самохоцкий А.И.* Технология термической обработки металлов, М., Машгиз, 1962.
4. *Седов Ю.Е., Адаскин А.М.* Справочник молодого термиста. – М.: Высшая школа, 1986. – 239 с.
5. *Солнцев Ю.П., Веселов В.А., Демянцевич В.П. и др.* Металловедение и технология металлов. – М.: Металлургия, 1988. – 512 с.
6. *Лахтин Ю.М., Леонтьева В.П.* Материаловедение. – М.: Машиностроение, 1990. – 528 с.