**Разработка технологического процесса термической обработки детали**

* Разработать технологический процесс термической обработки стальной детали: Болт шатунный.
* Марка стали: Ст. 40ХН
* Твердость после окончательной термообработки: НВ 302 - 352

**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 Ст.40ХН**: хромоникелевая конструкционная легированная сталь содержит 0,39 – 0,41% углерода, 1 % хрома и никеля.

В хромоникелевые стали вводят хром и ни­кель. Никель является дорогой примесью. Хромоникелевые стали являются наилучшими конструкционными сталями; они обладают высокой прочностью и вязкостью, что особо важно для деталей, работающих в тяжелых условиях. Хромоникелевые стали имеют высокую прокаливаемость. К недостаткам хромоникелевых сталей относятся плохая обрабатываемость их резанием, обусловлен­ная присадкой никеля, и большая склонность к отпускной хрупкости второго рода. Хромоникелевые стали подвергают как цементации с последующей термической обработкой, так и улучшению. Хромо­никелевые стали широко применяют в авиа- и автотракторостроении.

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.

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.

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

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **C** | **Si** | **S** | **Mn** | **P** | **Ni** | **Cr** | **Cu** |
| 0,39 – 0,41 | 0,17 –  0,37 | ≤ 0,035 | 0,50 –  0,80 | ≤ 0,035 | 1,00 – 1,40 | 0,45 – 0,75 | ≤ 0,30 |

**Таблица 2. Температура критических точек, 0С.**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Ас1** | **Ас3** | **Аr1** | **Ar3** |
| **750** | **790** | **-** | **-** |

**Назначение:**

Шатуны, шпиндели, коленчатые валы, шестерни, муфты, болты и другие ответственные детали.

**Таблица 3. Механические свойства при комнатной температуре.**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Режим термообработки | | | **Сечение,**  **мм** | **σ0,2, Н/мм2** | **σв, Н/мм2** | **δ,**  **%** | **Ψ,**  **%** | **KCU,**  **Дж/см2** | **HRC** | **HB** |
| Закалка | 830 – 850 | Масло | до100 | 590 | 735 | 14 | 45 | 59 | 590 | 235 - 277 |
| Отпуск | 550  -  600 | Вода или масло | 375 | 785 | 13 | 42 | 59 | 640 | 246 - 293 |

**σ0,2, Н/мм2  -** предел текучести условный с допуском на величину пластической деформации при нагружении 0,2%;

**σв, Н/мм2** - временное сопротивление (предельная прочность при разрыве).

**KCU, Дж/см2 -** ударная вязкость после разрыва.

**Ψ,** **% -** относительное сужение после разрыва.

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

Хром 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. 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. С углеродом хром образует карбиды (Cr7C3,Cr4C) более прочные и устойчивые, чем цементит. 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.

Растворимость никеля в α-железе увеличивается с понижением температуры; при 700°. . . 5% никеля, при 400°. . . 10% никеля. Ограниченная область α твердого раствора. Никель повышает твердость и прочность феррита. Открытая область γ твердого раствора; непрерывная растворимость. Высокая вязкость, малая прочность и твердость никелевого аустенита. Повышает критическую точку А4, понижает А1 и А3.



*Микроструктура феррита*

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.

**3. Последовательность операции предварительной и окончательной термообработки деталей.**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Предел выносливости, Н/мм2 | | Термообработка |
| σ -1 | τ -1 |
| 594 | 892 | Закалка 845 °С, вода, Отпуск 480°С, вода, σ 0,2=900 Н/мм2, σ в= 1150 Н/мм2 |
| 506 | 773 | Закалка 845 °С, вода, Отпуск 590°С, вода, σ 0,2= 810 Н/мм2, σ в= 1010 Н/мм2 |

Хромоникелевые стали со средним и высоким содержанием углерода – улучшению (закалке и высокому отпуску).

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.

**4. Режим операций предварительной и окончательной термообработки детали**

Последовательность операций обработки поршневого пальца, изготовленного из стали 45ХН :

Механическая обработка - закалка - высокий отпуск - механическая обработка;

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 850 - 870 0С). Масло недостаточно быстро охлаждает при 550 - 650°С, что ограничивает его применение только тех сталей, которые обладают небольшой критической скоростью закалки.

После нагрева и выдержки изделие охлаждают в различных средах. При несквозной прокаливаемости микроструктура внутренних слоев изделие представляется троостит. Сталь со структурой троостита обладает повышенной твердостью (НВ 330 - 400), достаточной прочностью, умеренной вязкостью и пластичностью.

**Высокий отпуск** характеризуется температурой нагрева 500 - 600 0С и структурой сорбита. Закалку и последующий высокий отпуск называют улучшением, так как при нем отпущенная сталь приобретает наиболее благоприятное сочетание механических свойств, высокую прочность, пластичность и вязкость. Скорость охлаждения значения не имеет.

Последней операцией после отпуска проводят чистовую обработку точением, фрезерованием, шлифованием и др.

**Механические свойства стали после термической обработки:**

- Твердость повысилась до НВ 302 - 352;

- Предел текучести условный с допуском на величину пластической деформации при нагружении 0,2%, σ0,2 = 640 Н/мм2

- Временное сопротивление (предельная прочность при разрыве),

σв = 785 Н/мм2

- Ударная вязкость после разрыва, KCU = 59 Дж/см2

- Относительное сужение после разрыва, Ψ = 42 %



*Микроструктура закаленной углеродистой стали после*

*отпуск*

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