20.11.20 гр.29-1б Материаловедение. Захаров Г.П.

Практическая работа: Выбор режима термической обработки для получения заданных свойств**.**

Механические свойства стали могут быть в значительной степени изменены термической обработкой. В зависимости от условий термической обработки на одной и той же стали можно получить различные свойства. В практике для этой цели широко используется превращение аустенита в мартенсит при закалке и распад мартенсита на феррито-цементитную смесь при отпуске.

**Механические свойства стали**

Основными механическими параметрами стали, определяющими прочность, надежность и долговечность конструкции являются следующие механические характеристики:

*Характеристики, определяемые растяжением образца:*

Предел прочности sв – это максимальное напряжение, необходимое для разрушения образца во время испытаний;

Предел текучести s0,2 – напряжение, которое вызывает в растягиваемом образце остаточное удлинение, равное 0,2% расчетной длины образца;

Относительное удлинение d - это отношение абсолютного удлинения образца после разрыва к расчетной длине образца;

Относительное сужение y - это отношение изменения площади поперечного сечения образца при разрыве к начальной площади поперечного сечения.

*Характеристики, определяемые ударными испытаниями образца.*

Коэффициент ударной вязкости КСU, KCV, KCT. Под ударной вязкостью понимается работа, затраченная на разрушение образца от динамического изгиба, отнесенная к площади поперечного сечения образца.

*Характеристики, определяемые по измерениям твердости.*

Твердость в зависимости от метода измерения обозначается символами НВ (твердость по Бринеллю) или HRC, HRA, HRB (по Роквеллу) и т.д. Твердость характеризует сопротивление материала внедрению в него другого, более твердого тела.

Параметры sв, s0,2, твердость являются прочностными характеристиками стали, а относительное удлинение и относительное сужение – характеристиками пластичности.

**Влияние термической обработки на структуру и свойства стали.**

**Закалка .**Закалкой называют нагрев сталей до температуры на 30-50˚ выше фазовых превращений, выдержку при этой температуре и последующее быстрое охлаждение со скоростью выше критической, обеспечивающей получение неравновесной структуры.

Назначение закалки – получение высокой твердости, повышение прочностных характеристик стали. Доэвтектоидные стали нагревают до температуры на 30-50˚ выше точки Ас3 диаграммы «Fe-C», а эвтектоидную и заэвтектоидные стали – на 30-50˚ выше точки Ас1. В результате закалки сталь во всем объеме или в поверхностном слое получает структуру *мартенсита*. Мартенсит является пересыщенным твердым раствором углерода в a-железе с таким же содержанием углерода, как в аустените. Мартенсит имеет ярко выраженное игольчатое строение с расположением игл по отношению друг к другу под углом 60, 90 или 1200. Мелкоигольчатый, мелкокристаллический мартенсит дает более высокие прочностные свойства, чем крупноигольчатый. Твердость мартенсита находится на уровне 60 HRC.

Закалка не является окончательной операцией термической обработки. Чтобы уменьшить хрупкость и напряжения, вызванные закалкой, и получить требуемые механические свойства, сталь после закалки подвергают отпуску.

**Отпуск –**это термическая операция, состоящая в нагреве закаленного сплава ниже температуры превращения для получения более устойчивого структурного состояния сплава (т.к. мартенсит является неустойчивой, метастабильной структурой и стремится перейти в более устойчивое состояние).

При отпуске закаленной стали в интервале температур 80-1800С мартенсит закалки переходит в **мартенсит отпуска** (отпущенный мартенсит). Механические свойства изменяются очень незначительно, но происходит снятие внутренних напряжений. Твердость остается на уровне 60 HRC.

При нагреве закаленной стали до температуры 300-4000С продолжается распад мартенсита, продуктом которого является **троостит отпуска**. Эта структура представляет собой феррито-цементитную смесь зернистого строения с очень высокой дисперсностью частиц цементита. В троостите отпуска может сохраняться ориентировка по мартенситу в виде игольчатого строения. Происходит падение твердости, предела прочности и предела текучести, однако характеристики пластичности и вязкости растут.

Повышение температуры отпуска закаленной стали до 5000 С и выше ведет к росту и коагуляции частиц цементита, и образующаяся структура носит название **сорбит отпуска**. Эта феррито-цементитная смесь также имеет зернистое строение. Сорбитная структура является более равновесной по сравнению с мартенситом и трооститом. Происходит дальнейшее падение прочностных характеристик и рост характеристик пластичности и вязкости.

Сочетание закалки с отпуском или старением практически всегда предполагает получение более высокого уровня свойств (твердости, характеристик прочности, коэрцитивной силы, удельного электросопротивления и др.) по сравнению с отожженным состоянием. Отпуск является окончательной операцией термической обработки. Цель отпуска – частичное или полное снятие внутренних напряжений, возникающих при закалке, и получение требуемых свойств.

**Выбор режима термической обработки для получения заданных свойств.**

|  |
| --- |
|  |

*Пример:*Для стали 40ХНМА определить температурный интервал отпуска, обеспечивающий получение следующих свойств: s0,2 – не менее 1200 МПа; d - не менее 12%.

*Решение:*

- По «Марочнику сталей и сплавов» в таблице «Механические свойства в зависимости от температуры отпуска» находим зависимость механических характеристик для стали 40ХН2МА (40ХНМА) и заполняем Таблицу 3.1.

Таблица 3.1. - Зависимость механических свойств стали 40ХНМА от температуры отпуска.

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|   | tотп, 0С | s0,2, МПа | sВ, МПа | d, % | y, % | KCU, Дж/см2 |
| 40ХН2МА(40ХНМА) | 200 | 1599 | 1755 | 10 | 50 | 58,8 |
| 300 | 1471 | 1599 | 10 | 50 | 49,0 |
| 400 | 1245 | 1373 | 12 | 52 | 58,8 |
| 500 | 1079 | 1177 | 15 | 59 | 88,3 |
| 600 | 863 | 961 | 20 | 62 | 147,1 |

- Строим график зависимости интересующих нас свойств от температуры отпуска в одной координатной плоскости (рисунок 3.1).

****

*Рисунок 3.1 - Изменение механических свойств стали 40ХНМА при отпуске.*

- На графике определяем температурные интервалы, при которых каждое из свойств удовлетворяет заданным условиям. В нашем случае получается, что s0,2 >1200 МПа при температурах отпуска до 4250С, а пластичность d >12% при температурах отпуска более 4000С. Обозначаем эти температурные интервалы как Dt(s0.2) и Dt(d) соответственно. То есть Dt(s0.2)< 4250С и Dt(d)>4000С. Область их пересечения и будет интервалом температур отпуска, обеспечивающим заданные свойства стали.

В нашем случае температура отпуска 400 – 4250 С.

- Получающаяся в результате отпуска структура является трооститом отпуска.

*Выводы:*

А) оптимальная температура отпуска для получения заданных свойств составляет 400 – 4250 С.

Б) получаемая в результате структура – троостит отпуска.

В) сталь 40ХНМА применяется при изготовлении коленчатых валов, клапанов, шатунов, дисков турбокомпрессоров и других тяжелонагруженных деталей. Сталь теплоустойчива до 4500С.

**Ход работы**

- Получить задание, содержащее марку стали и предельные значения механических характеристик, которые требуется получить.

- Согласно пункту «Выбор режима термической обработки для получения заданных свойств» (см. выше), используя «Марочник сталей и сплавов», расшифровать марку, определить интервал температур отпуска стали. Если области температур, удовлетворяющих отдельным свойствам, не пересекаются, то дать рекомендации по изменению тех или иных характеристик.

- Найти по «Марочнику сталей и сплавов» область применения данной стали.

- Составить отчет о проделанной работе.

**Содержание отчета**

Тема.

Цель.

Приборы и принадлежности.

Ход работы:

По результатам выполнения работы должны быть представлены расшифровка марки стали, заполненная Таблица 1, график зависимости механических свойств от температуры отпуска, определен интервал температур отпуска для получения заданного комплекса свойств, при невозможности получения того или иного свойства рекомендации по изменению тех или иных характеристик.

Таблица 1. - Зависимость механических свойств стали \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ от температуры отпуска

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|   | tотп, 0С | s0,2, МПа | sВ, МПа | d, % | y, % | KCU, Дж/см2 | Твердость, НВ |
|   |   |   |   |   |   |   |   |

*Вывод по работе.*

**Варианты заданий**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| № варианта | Марка стали | Требуемые свойства |
| 1. | 35 | s0,2 > (не менее) 500 МПа, d >16%, y >60%, KCU>0,4 МДж/м2, твердость > 170 HB |
| 2. | 40ХФА | sв >1100 МПа, d>16%, KCU >50Дж/см2 , определить получаемую твердость |
| 3. | 40Х | s0,2 >900 МПа, d>10%, KCU >50Дж/см2 , определить получаемую твердость |
| 4. | 20ХГР | s0,2 >1100 МПа, d>10%, y >60%, KCU >50Дж/см2 |
| 5. | 40 | s0,2 >600 МПа, d>10%, KCU >0,50 МДж/м2 , определить получаемую твердость |
| 6. | 40ХНМА | s0,2 >1000 МПа, d>15%, KCU >20Дж/см2 |
| 7. | 30Х | sв >700 МПа, d>20%, y >60%, KCU >0,20 МДж/м2 |
| 8. | 40ХС | s0,2 >1500 МПа, d>12%, KCU >0,30 МДж/м2 , определить получаемую твердость |
| 9. | 50Г | s0,2 >650 МПа, d>10%, y >55%, KCU >0,50 МДж/м2 , определить получаемую твердость |
| 10. | 4ХМФС | s0,2 >1350 МПа, d>10%, y >55%, KCU >0,30 МДж/м2 , определить получаемую твердость |
| 11. | 40ХН | s0,2 >1000 МПа, d>12%, y >45%, KCU >0,38 МДж/м2 |
| 12. | 33ХС | s0,2 >1350 МПа, d>10%, y >50%, твердость |
| 13. | 40Х | s0,2 >1200 МПа, d>8%, KCU >20Дж/см2 , твердость >420 HB |
| 14. | 45 | s0,2 >720 МПа, d>15%, y >45%, KCU >0,80 МДж/м2 |
| 15. | 35 | s0,2 >450 МПа, d>15%, y >65%, KCU >1,0 МДж/м2 , определить получаемую твердость |