Одним из основных свойств металлизированных поверхностей является жаростойкость, поэтому жаростойкие детали для рабочих температур 1000…1200°С изготавливают из простых углеродистых сталей с последующим алитированием, хромированием или силицированием.

Исключительно высокой твердостью (2000 HV) и высоким сопротивлением износу из-за образования боридов железа (FeB, FeB2) характеризуются борированные слои, но эти слои очень хрупкие.

Порядок выполнения работы

1. Изучить теоретические основы.

2. Составить сводную таблицу видов химико-термической обработки.

Таблица 1 – Виды ХТО

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| № п/п | Вид ХТО | Цель | Режимы ХТО | Применение |
|  |  |  |  |  |

3. Ответить на контрольные вопросы.

Оформление результатов отчета

Напишите отчет, в котором укажите название и цель работы. Выпишите виды ХТО. Результаты представьте в виде таблицы 1. Оформите ответы на контрольные вопросы.

Контрольные вопросы

1. Что такое химико-термическая обработка?

2. Что такое цементация? Какую термическую обработку следует выполнить после цементации?

3. Что такое азотирование? Какую термическую обработку выполняют до азотирования, каковы ее цели?

4. Что такое диффузионная металлизация? Какова ее цель?

5.Что такое цианирование? Какую термическую обработку проводят после цианирования?

8

Практическая работа №5

**Составление сравнительной таблицы видов ХТО**

Цель работы

Изучить основные виды и параметры химико-термической обработки.

Теоретические основы

**Химико-термическая обработка (ХТО)** – процесс изменения химического состава, микроструктуры и свойств поверхностного слоя детали.

Изменение химического состава поверхностных слоев достигается в результате их взаимодействия с окружающей средой (твердой, жидкой, газообразной, плазменной), в которой осуществляется нагрев.

В результате изменения химического состава поверхностного слоя изменяются его фазовый состав и микроструктура.

Основными параметрами химико-термической обработки являются температура нагрева и продолжительность выдержки.

В основе любой разновидности химико-термической обработки лежат процессы диссоциации, адсорбции, диффузии.

**Диссоциация** – получение насыщающего элемента в активированном атомарном состоянии в результате химических реакций, а также испарения.

**Адсорбция** – захват поверхностью детали атомов насыщающего элемента.

**Адсорбция** – всегда экзотермический процесс, приводящий к уменьшению свободной энергии.

**Диффузия** – перемещение адсорбированных атомов вглубь изделия.

Для осуществления процессов адсорбции и диффузии необходимо, чтобы насыщающий элемент взаимодействовал с основным металлом, образуя твердые растворы или химические соединения.

Химико-термическая обработка является основным способом поверхностного упрочнения деталей.

Основными разновидностями химико-термической обработки являются:

* цементация (насыщение поверхностного слоя углеродом);

1

* азотирование (насыщение поверхностного слоя азотом);
* нитроцементация или цианирование (насыщение поверхностного слоя одновременно углеродом и азотом);
* диффузионная металлизация (насыщение поверхностного слоя различными металлами).

**Назначение и технология видов химико-термической обработки.**

***Цементация***

**Цементация** – химико-термическая обработка, заключающаяся в диффузионном насыщении поверхностного слоя атомами углерода при нагреве до температуры 900…950°С.

Цементации подвергают стали с низким содержанием углерода (до 0,25%).

Нагрев изделий осуществляют в среде, легко отдающей углерод. Подобрав режимы обработки, поверхностный слой насыщают углеродом до требуемой глубины.

**Глубина цементации** (h) – расстояние от поверхности изделия до середины зоны, где в структуре имеются одинаковые объемы феррита и перлита (h = 1…2 мм).

**Степень цементации** – среднее содержание углерода в поверхностном слое (обычно, не более 1,2%).

Более высокое содержание углерода приводит к образованию значительных количеств цементита вторичного, сообщающего слою повышенную хрупкость.

На практике применяют цементацию в твердом и газовом карбюризаторе (науглероживающей среде).

Участки деталей, которые не подвергаются цементации, предварительно покрываются медью (электролитическим способом) или глиняной смесью.

***Цементация в твердом карбюризаторе***

Почти готовые изделия, с припуском под шлифование, укладывают в металлические ящики и пересыпают твердым карбюризатором. Используется древесный уголь с добавками углекислых солей ВаСО3, Na2CO3 в количестве 10…40%. Закрытые ящики укладывают в печь и выдерживают при температуре 930…950°С.

За счет кислорода воздуха происходит неполное сгорание угля с образованием окиси углерода (СО), которая разлагается с образованием атомарного углерода (Сат).

2

углеродистых и малолегированных сталей при повышенном содержании аммиака.

Завершающей термической обработкой является закалка с низким отпуском.

Твердость достигает 56…62 HRC.

Низкотемпературной нитроцементации подвергают инструмент из быстрорежущей стали после термической обработки (закалки и отпуска).

Процесс проводят припри температуре 530…570°С, в течение 1,5…3 часов. Образуется поверхностный слой толщиной 0,02…0,004 мм с твердостью 900…1200 HV.

Нитроцементация характеризуется безопасностью в работе, низкой стоимостью.

***Диффузионная металлизация***

**Диффузионная металлизация** – химико-термическая обработка, при которой поверхность стальных изделий насыщается различными элементами: алюминием, хромом, кремнием, бором и др.

При насыщении хромом процесс называют хромированием, алюминием – алитированием, кремнием – силицированием, бором – борированием.

Диффузионную металлизацию можно проводить в твердых, жидких и газообразных средах.

При твердой диффузионной металлизации металлизатором является ферросплав с добавлением хлористого аммония (NH4Cl). В результате реакции металлизатора с HCl или Cl2 образуется соединение хлора с металлом (AlCl3, CrCl2, SiCl4), которые при контакте с поверхностью диссоциируют с образованием свободных атомов.

Жидкая диффузионная металлизация проводится погружением детали в расплавленный металл (например, алюминий).

Газовая диффузионная металлизация проводится в газовых средах, являющихся хлоридами различных металлов.

Диффузия металлов протекает очень медленно, так как образуются растворы замещения, поэтому при одинаковых температурах диффузионные слои в десятки и сотни раз тоньше, чем при цементации.

Диффузионная металлизация – процесс дорогостоящий, осуществляется при высоких температурах (1000…1200°С) в течение длительного времени.

7

высокой стойкостью против коррозии. (ε-фаза – твердый раствор на основе нитрида железа Fe3N, имеющий гексагональную решетку).

Глубина слоя и концентрация в нем углерода и азота зависят от температуры процесса и его продолжительности.

***Цианирование и нитроцементация***

**Цианирование** – химико-термическая обработка, при которой поверхность насыщается одновременно углеродом и азотом.

Осуществляется в ваннах с расплавленными цианистыми солями, например NaCN с добавками солей NаCl, BaCl и др. При окислении цианистого натрия образуется атомарный азот и окись углерода.

Цианированный слой обладает высокой твердостью 58…62 HRC и хорошо сопротивляется износу. Повышаются усталостная прочность и коррозионная стойкость.

Продолжительности процесса 0,5…2 часа.

Высокотемпературное цианирование – проводится при температуре 800…950°С, сопровождается преимущественным насыщением стали углеродом до 0,6…1,2%, (жидкостная цементация). Содержание азота в цианированном слое 0,2…0,6%, толщина слоя 0,15…2 мм. После цианирования изделия подвергаются закалке и низкому отпуску. Окончательная структура цианированного слоя состоит из тонкого слоя карбонитридов Fe2(C, N), а затем азотистый мартенсит.

По сравнению с цементацией высокотемпературное цианирование происходит с большей скоростью, приводит к меньшей деформации деталей, обеспечивает большую твердость и сопротивление износу.

Низкотемпературное цианирование – проводится при температуре 540…600°С, сопровождается преимущественным насыщением стали азотом.

Проводится для инструментов из быстрорежущих, высокохромистых сталей. Является окончательной обработкой.

Основным недостатком цианирования является ядовитость цианистых солей.

Состав газа, температура процесса определяют соотношение углерода и азота в цианированном слое. Глубина слоя зависит от температуры и продолжительности выдержки.

Высокотемпературная нитроцементация проводится при температуре 830…950°С, для машиностроительных деталей из

6

Образующиеся атомы углерода адсорбируются поверхностью изделий и диффундируют вглубь металла.

Недостатками данного способа являются:

* значительные затраты времени (для цементации на глубину 0,1 мм затрачивается 1 час);
* низкая производительность процесса;
* громоздкое оборудование;
* сложность автоматизации процесса.

Способ применяется в мелкосерийном производстве.

***Газовая цементация***

Процесс осуществляется в печах с герметической камерой, наполненной газовым карбюризатором.

Атмосфера углеродосодержащих газов включает азот, водород, водяные пары, которые образуют газ-носитель, а также окись углерода, метан и другие углеводороды, которые являются активными газами.

Глубина цементации определяется температурой нагрева и временем выдержки.

Преимущества способа:

* возможность получения заданной концентрации углерода в слое (можно регулировать содержание углерода, изменяя соотношение составляющих атмосферу газов);
* сокращение длительности процесса за счет упрощения последующей термической обработки;
* возможность полной механизации и автоматизации процесса.

Способ применяется в серийном и массовом производстве.

На поверхности изделия образуется слой заэвтектоидной стали, состоящий из перлита и цементита. По мере удаления от поверхности, содержание углерода снижается и следующая зона состоит только из перлита. Затем появляются зерна феррита, их количество, по мере удаления от поверхности увеличивается. И, наконец, структура становится отвечающей исходному составу.

***Термическая обработка после цементации***

В результате цементации достигается только выгодное распределение углерода по сечению. Окончательно формирует свойства цементированной детали последующая термообработка. Все изделия подвергают закалке с низким отпуском. После закалки цементированное

3

изделие приобретает высокую твердость и износостойкость, повышается предел контактной выносливости и предел выносливости при изгибе, при сохранении вязкой сердцевины.

Комплекс термической обработки зависит от материала и назначения изделия.

Если сталь наследственно мелкозернистая или изделия неответственного назначения, то проводят однократную закалку с температуры 820…850°С. При этом обеспечивается получение высокоуглеродистого мартенсита в цементированном слое, а также частичная перекристаллизация и измельчение зерна сердцевины.

При газовой цементации изделия по окончании процесса подстуживают до этих температур, а затем проводят закалку (не требуется повторный нагрев под закалку).

Для удовлетворения особо высоких требований, предъявляемых к механическим свойствам цементированных деталей, применяют двойную закалку.

Первая закалка (или нормализация) проводится с температуры 880…900°С для исправления структуры сердцевины.

Вторая закалка проводитсяпроводится с температуры 760…780°С для получения мелкоигольчатого мартенсита в поверхностном слое.

Завершающей операцией термической обработки всегда является низкий отпуск, проводимый при температуре 150…180°С. В результате отпуска в поверхностном слое получают структуру мартенсита отпуска, частично снимаются напряжения.

Цементации подвергают зубчатые колеса, поршневые кольца, червяки, оси, ролики.

***Азотирование***

**Азотирование** – химико-термическая обработка, при которой поверхностные слои насыщаются азотом.

Впервые азотирование осуществил Чижевский И.П., промышленное применение – в двадцатые годы.

При азотировании увеличиваются не только твердость и износостойкость, но также повышается коррозионная стойкость.

При азотировании изделия загружают в герметичные печи, куда поступает аммиак NH3 c определенной скоростью. При нагреве аммиак диссоциирует. Атомарный азот поглощается поверхностью и диффундирует вглубь изделия.

4

Фазы, получающиеся в азотированном слое углеродистых сталей, не обеспечивают высокой твердости, и образующийся слой хрупкий.

Для азотирования используют стали, содержащие алюминий, молибден, хром, титан. Нитриды этих элементов дисперсны и обладают высокой твердостью и термической устойчивостью.

Глубина и поверхностная твердость азотированного слоя зависят от ряда факторов, из которых основные: температура азотирования, продолжительность азотирования и состав азотируемой стали.

В зависимости от условий работы деталей различают азотирование:

* для повышения поверхностной твердости и износостойкости;
* для улучшения коррозионной стойкости (антикоррозионное азотирование).

В первом случае процесс проводят при температуре 500…560°С в течение 24…90 часов, т.к. скорость азотирования составляет 0,01 мм/ч. Содержание азота в поверхностном слое составляет 10…12%, толщина слоя h = 0,3…0,6 мм. На поверхности получают твердость около 1000 HV. Охлаждение проводят вместе с печью в потоке аммиака.

Значительное сокращение времени азотирования достигается при ионном азотировании, когда между катодом (деталью) и анодом (контейнерной установкой) возбуждается тлеющий разряд. Происходит ионизация азотосодержащего газа, и ионы бомбардируя поверхность катода, нагревают его до температуры насыщения. Катодное распыление осуществляется в течение 5…60 мин при напряжении 1100…1400 В и давлении 0,1…0,2 мм рт. ст., рабочее напряжение 400…1100 В, продолжительность процесса до 24 часов.

Антикоррозионное азотирование проводят и для легированных, и для углеродистых сталей. Температура проведения азотирования – 650…700°С, продолжительность процесса – 10 часов. На поверхности образуется слой – фазы толщиной 0,01…0,03 мм, который обладает

Азотирование проводят на готовых изделиях, прошедших окончательную механическую и термическую обработку (закалка с высоким отпуском).

После азотирования в сердцевине изделия сохраняется структура сорбита, которая обеспечивает повышенную прочность и вязкость.

5