Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

Институт металлургии, машиностроения и транспорта

Кафедра «ТЕХНОЛОГИЯ И ИССЛЕДОВАНИЕ МАТЕРИАЛОВ»

Курсовая работа

«Оборудование термических цехов. Азотирование стали.»

Выполнил:

студент гр.43314/1 <подпись> Сидоров Н.А.

Руководитель:

доцент, к.т.н. <подпись> Кисленков В.В.

Санкт-Петербург

2016

1. **Технические требования на термическую обработку изделия.**

См. приложение.

1. **Выбор материала для заданного изделия.**

**Сталь 38Х2МЮА** – сталь жаропрочная релаксационностойкая. Используется в азотируемых деталях: шестерни, валики, пальцы, втулки и т.д., работающие при температурах до 450 град.

Таблица 1. 38Х2МЮА (хромомолибденоалюминиевая) ГОСТ 4543-71

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Химический состав, % | | | | | | | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Сr | Ni | Mo | Al | Cu |
| 0,35-0,42 | 0,20-0,45 | 0,3-0,6 | <0,025 | <0,025 | 1,35-1,65 | <0,30 | 0,15-0,25 | 0,7-1,1 | <0,30 |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Критические точки | | | |
| При нагреве | | При охлаждении | |
| Ac1 | Ac3 | Ar1 | Ar3 |
| 800˚ | 900˚ | 730˚ | - |

**Сталь 18ХН2ВА** – сталь конструкционная легированная. Применяется в авиастроении, в цементированном состоянии для изготовления валов роторов, коленчатых валов, редукторов, шестерней и в нецементированном виде для изготовления ответственных болтов, шпилек и прочего специального крепежа.

Таблица 2. 18ХН2ВА (хромоникельванадиевая) ГОСТ 4543-71

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Химический состав, % | | | | | | | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Сr | Ni | Mo | V | Cu |
| 0,14-0,20 | 0,17-0,37 | 0,25-0,55 | <0,025 | <0,025 | 1,35-1,65 | 4,00-4,40 | - | 0,30-0,40 | <0,30 |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Критические точки | | | |
| При нагреве | | При охлаждении | |
| Ac1 | Ac3 | Ar1 | Ar3 |
| 700˚ | 810˚ | - | - |

**Сталь 40ХН2ВА** – конструкционная легированная. Применяется для изготовления коленчатых валов и других тяжело нагруженных деталей, азотируемых деталей авиастроения.

Таблица 3. 40ХН2ВА (хромоникельванадиевая) ТУ 14-1-950 – 74

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Химический состав, % | | | | | | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Сr | Ni | W | Cu |
| 0,37-0,44 | 0,17-0,37 | 0,5-0,8 | <0,025 | <0,025 | 0,6-0,9 | 1,25-1,65 | 0,8-1,2 | <0,30 |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Критические точки | | | |
| При нагреве | | При охлаждении | |
| Ac1 | Ac3 | Ar1 | Ar3 |
| 730˚ | 820˚ | 380˚ | 550˚ |

**Азотирование** — это технологический процесс химико-термической обработки, при которой поверхность различных металлов или сплавов насыщают азотом в специальной азотирующей среде. Поверхностный слой изделия, насыщенный азотом, имеет в своём составе растворённые нитриды и приобретает повышенную коррозионную стойкость и высочайшую микротвёрдость. По микротвёрдости азотирование уступает только борированию, в то же время превосходя цементацию и нитроцементацию (незначительно).

**Металлы и сплавы, подвергаемые азотированию:**

* Стали углеродистые и легированные, конструкционные и инструментальные.
* Высокохромистые чугуны, высокохромистые износоустойчивые сплавы, хром.
* Титан и титановые сплавы.
* Бериллий.
* Вольфрам.
* Ниобиевые сплавы.
* Порошковые материалы.

**Назначение азотирования:**

* Упрочнение поверхности
* Защита от коррозии
* Повышение усталостной прочности

В зависимости от назначения используемые технологические процессы азотирования могут существенно отличаться.

**Основные виды азотирования**

**Газовое азотирование**

Насыщение поверхности металла производится при температурах от 400 (для некоторых сталей) до 1200 (аустенитные стали и тугоплавкие металлы) градусов Цельсия. Средой для насыщения является диссоциированный аммиак. Для управления структурой и механическими свойствами слоя при газовом азотировании сталей применяют:

* двух-, трёхступенчатые температурные режимы насыщения;
* разбавление диссоциированного аммиака:
  + воздухом,
  + реже водородом.

Контрольными параметрами процесса являются:

* степень диссоциации аммиака
* расход аммиака
* температура
* расходы дополнительных технологических газов (если применяются).

**Каталитическое газовое азотирование**

Это последняя модификация технологии газового азотирования. Средой для насыщения является аммиак, диссоциированный при температуре 400—600 градусов Цельсия на катализаторе в рабочем пространстве печи. Для управления структурой и механическими свойствами слоя при каталитическом газовом азотировании сталей применяют изменение

* перенаправление потенциала насыщения. В целом применяются более низкие температуры, чем при газовом азотировании.

**Ионно-плазменное азотирование**

Технология насыщения металлических изделий в азотсодержащем вакууме (примерно 0,01 атм.), в котором возбуждается тлеющий электрический разряд. Анодом служат стенки камеры нагрева, а катодом — обрабатываемые изделия. Для управления структурой слоя и механическими свойствами слоя применяют (в разные стадии процесса):

* изменение плотности тока
* изменение расхода азота
* изменение степени разрежения
* добавки к азоту особо чистых технологических газов:
  + водорода
  + аргона
  + метана

**Азотирование из растворов электролитов**

Использование анодного эффекта для диффузионного насыщения обрабатываемой поверхности азотом в многокомпонентных растворах электролитов, один из видов скоростной электрохимико-термической обработки (*анодный электролитный нагрев*) малогабаритных изделий. Анод-деталь при наложении постоянного напряжения в диапазоне от 150 до 300 В разогревается до температур 450—1050 °C. Достижение таких температур обеспечивает сплошная и устойчивая парогазовая оболочка, отделяющая анод от электролита. Для обеспечения азотирования в электролит, кроме электропроводящего компонента, вводят вещества-доноры, обычно нитраты.

**Оборудование для азотирования**

Для проведения газового азотирования используются преимущественно шахтные, ретортные и камерные печи. Для подготовки аммиака перед подачей в печь используется диссоциатор.

Для проведения каталитического газового азотирования используются преимущественно шахтные, ретортные и камерные печи, оснащенные встроенными катализаторами и кислородными зондами для определения насыщающей способности атмосферы.

Для проведения процессов ионно-плазменного азотирования применяются специализированные установки, в которых происходит нагрев изделий за счёт катодной бомбардировки ионами и, собственно, насыщение.

Для азотирования из растворов электролитов применяются установки для электрохимико-термической обработки.

**Азотируемые стали**

Азотирование представляет собой процесс поверхностного насыщения стали азотом. Наиболее распространен процесс азотирования в газовых средах на основе аммиака. Как правило, процесс азотирования осуществляется при темпе­ратуре до 600°С (низкотемпературное азотирование).

Азотирование конструкционных сталей проводят для по­вышения их твердости, износостойкости, теплостойкости и коррозионной стойкости. Перед азотированием изделия под­вергают закалке и высокому отпуску.

Строение диффузионного слоя азотированных сталей определяется диаграммой железо—азот (рис. 1). При азотировании стали в области температур ниже эвтектоидной (590 °С) диффузионный слой состоит из трех фаз: ↋, γ/(Fe4N) и α. В общем случае формирование структуры диффузионного слоя азотируемой стали зависит от состава стали, температуры и длительности нагрева, а также и ско­рости охлаждения после азотирования.

Высокая твердость и износостойкость азотируемых кон­струкционных сталей обеспечиваются главным образом нитридами легирующих элементов (N, MoN, A1N). Одна­ко из-за наличия углерода в легированных конструкцион­ных сталях при азотировании фактически образуются карбонитридные фазы.

Легирующие элементы существенно влияют на глубину *h* азотированного слоя и поверхностную твердость (рис. 2). Уменьшение глубины азо­тированного слоя при легиро­вании обусловлено уменьшени­ем коэффициента диффузии азота в феррите. Углерод уменьшает также коэффици­ент диффузии азота.

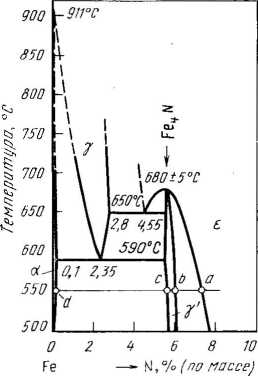


Рис. 1. Диаграмма состояния си­стемы Fe—N

Из азотируемых конструк­ционных легированных сталей наиболее широко применяют сталь 38Х2МЮА. Однако в по­следнее время разработан ряд новых конструкционных ста­лей, подвергаемых азотирова­нию: З0ХЗВА, 30ХН2ВФА,

40ХНВА, 20ХЗМВФА и др.

При азотировании в интервале температур 500—600°С толщина диффузионного слоя невелика и поэтому высокие механические свойства достигаются в тонком поверхност­ном слое и по мере удаления от поверхности быстро пада­ют. Обычно при легировании несколькими элементами твердость азотированного слоя больше, чем при легирова­нии одним элементом (рис. 3).

Наиболее высокая поверхностная твердость при азоти­ровании достигается в хромомолибденовых сталях, допол­нительно легированных алюминием, типичным представи­телем которых является сталь 38Х2МЮА. Подобные стали для азотирования применяют в США: нитраллой — Nitr135М, в Англии — EN41, в ФРГ — 32А1СгМо4, в Шве­ции — 2940.

Вместе с тем износостойкость стали не всегда коррели­рует с твердостью. Так, повышение температуры азотирования стали 38Х2МЮА с 560 до 620 °С повышает ее изно­состойкость, хотя поверхностная твердость при этом пони­жается. Понижение поверхностной твердости при повыше­нии температуры азотирования связано с уменьшением содержания азота в е-фазе из-за усиления его диффузии с поверхности в глубь изделия.

Для некоторых азотируемых изделий чрезмерно высо­кая поверхностная твердость является нежелательной из- за охрупчивания поверхностного слоя, затруднения опера­ции шлифования и др. В этом случае используют стали с пониженным содержанием алюминия или без алюминия, имеющие меньшую поверхностную твердость, но более плав­ное падение твердости по глубине диффузионного слоя (ста­ли 38Х2ВФЮА, 40ХФА, 40Х, 20ХЗВА и др.).

h, мм HV

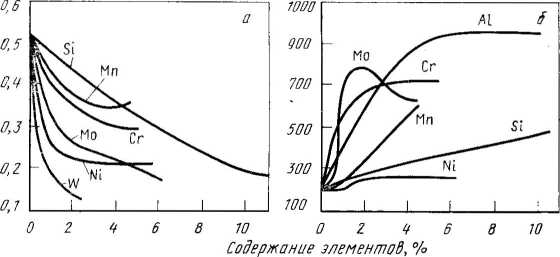
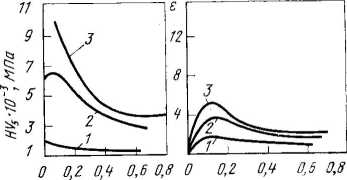


Рис. 2. Влияние легирующих элементов на глубину азотированного слоя (азотирование при 550ºС, 24 ч) и поверхностную твердость (Ю. М. Лахтин)



*h, мм*

Рис. 3. Изменение твердости HV5 и относительной износо­стойкости ↋ по глубине азоти­рованного слоя (азотирование при 540 °С, 33 ч) (Г. Ф. Косолапов, Н. Н. Сидорин, С. А. Ге­расимов):

*1* — техническое железо; 2 — сталь 40Х; *3* — 38ХМЮА

Снижение поверхностной твердости азотированного слоя с HV 900—1000 до 650—900 позволяет повысить износостойкость и сопротивление хрупкому разрушению и применять азотирование для таких деталей станкостроения, как шпин­дели, опоры качения, гильзы, ходовые винты и т. д.

Для деталей машины, работающих в условиях цикличе­ских изгибных или контактных нагрузок, применяют стали 28Х2Н4ВА, 38XH3MA, 30Х3ВА, 20ХГН2МФ и др.

Азотирование повышает предел усталости конструкцион­ных сталей. Так, предел усталости коленчатых валов авиационного двигателя из стали 18Х2Н4ВА после азотирования повышается на 25—60 %. При наличии концентраторов на­пряжений азотирование в большей степени влияет на пре­дел усталости сталей.

Такое влияние азотирования на предел усталости кон­струкционных сталей связывают с образованием в поверх­ностном слое остаточных напряжений.

Азотирование повышает теплостойкость конструкцион­ных легированных сталей. Например, рабочие температуры азотируемых деталей из сталей 38Х2МЮА и 25Х2МФА составляют 400—490 °С, а из сталей 25Х2М1Ф 490—510 °С. Однако при длительных выдержках в условиях высоких температур твердость азотированного слоя может снижаться.

Когда азотирование применяется только для получения коррозионностойкого покрытия изделий, можно использо­вать простые углеродистые стали с содержанием углерода в широких пределах (от 0,1 — до 1,0 %).

При этом получают тонкие нитридные (карбонитридные) слои толщиной 0,015—0,030 мм в зависимости от на­значения детали. В этом случае, кроме коррозионной стойкости, повышается твердость, пределы прочности и текуче­сти, а также усталостная прочность стали.

Азотирование является трудоемким процессом, поэтому в последнее время разработаны различные способы ускоренного азотирования, из которых можно отметить ионное азотирование (азотирование в тлеющем разряде), азотирование под давлением, в активизированных газовых средах и др.

Процесс одновременного насыщения стали углеродом и азотом в газовой среде называется нитроцементацией. Нитроцемента­цию проводят при более низких температурах (850—870 °С) по сравне­нию с цементацией. Это обусловлено тем, что азот, диффундируя в сталь одновременно с углеродом, понижает температуру существования твер­дого раствора на основе у-железа и тем самым способствует науглеро­живанию стали при более низких температурах.

Нитроцементации обычно подвергают легированные стали с содер­жанием до 0,25 % С. Имеется опыт применения для нитроцементации сталей 20Х, 18ХГТ, 25ХГМ, 18Х2Н4ВА и др. Термическая обработка после нитроцементации — закалка с низким отпуском.

Поверхностное упрочнение деталей машин может быть достигнуто и путем поверхностной индукционной закалки. При этом используют стали с пониженной (ПП) или регламентированной (РП) прокаливаемостью, имеющие прокаливаемость более низкую по сравнению со стан­дартными конструкционными сталями с таким же содержанием углерода. При этом после закалки получают мартенситную зону заданной глубины (даже при интенсивном охлаждении) с сохранением пластич­ной вязкой сердцевины. Стали с пониженной и регламентированной прокаливаемостью имеют повышенное содержание углерода (0,5 - 1,0 %) для получения достаточного уровня твердости закаленного поверхност­ного слоя, обеспечивающего высокую износостойкость и контактную вы­носливость, меньшее содержание и разброс легирующих элементов (марганец, хром, кремний и др.), содержат модифицирующие элементы (алюминий, титан, ванадий, цирконий, ниобий), обеспечивающие полу­чение наследственно мелкого зерна аустенита (К. 3. Шепеляковскии и др). Примером такой стали может служить сталь 55ПП (0,55— 0,63 ***%*** С; 0,1—0,3 % Si; ≤0,1 % Ti; ∑Mn, Cr, Ni, Cu≤0,5 %).