Лабораторная работа

Химико-термическая обработка стали

1.Общие сведения

Химико-термической обработкой стали называется процесс, сочетающий поверхностное насыщение стали тем или иным элементом при высокой температуре и термическое воздействие, в результате которых происходит изменение химического состава, микроструктуры и свойств поверхностных слоев деталей.

Химико-термическая обработка включает в себя цементацию, азотирование, цианирование, алитирование, силицирование и т. д.

Насыщение поверхностного слоя происходит при нагреве детали до определенной температуры в среде, легко выделяющей насыщающий элемент в активном состоянии, и выдержке при этой температуре. Среды, выделяющие насыщающий элемент, могут быть газообразными, жидкими и твердыми.

В отличие от поверхностной закалки при химико-термической обработке разница в свойствах достигается не только изменением структуры металла, но и его химического состава. ХТО не зависит от формы деталей. Она обеспечивает получение упрочненного слоя одинаковой толщины по всей поверхности. ХТО дает более существенное различие в свойствах поверхности и сердцевины деталей. ХТО изменяет химический состав и структуру поверхностного слоя, а поверхностная закалка — только структурВместе с тем ХТО уступает поверхностной закалке по производительности.

Основными элементарными процессами любого вида химико-термической обработки являются:

1. Диссоциация— выделение насыщающего элемента в активном атомарном состоянии в результате разложения исходных веществ: 2СО ↔СО2 + С; 2NH3 ↔ ЗН2 + 2N и т. д. Степень распада молекул газа (%) называют степенью диссоциации.
2. Абсорбция — захват поверхностью металла свободных атомов насыщающего элемента. Атомы металла, находящиеся на поверхности, имеют направленные наружу свободные связи. При подаче к поверхности детали атомов насыщающего элемента эти свободные связи вступают в силу, что уменьшает поверхностную энергию металла. С повышением температуры абсорбционная способность металла увеличивается. Развитию процесса абсорбции способствует способность диффундирующего элемента образовывать с основным металлом твердые растворы или химические соединения.
3. Диффузия — проникновение насыщающего элемента вглубь металла. В результате абсорбции химический состав поверхностного слоя меняется, образуется градиент концентраций насыщающего элемента в поверхностных и нижележащих слоях. Диффузия протекает легче при образовании твердых растворов внедрения (С, N), чем твердых растворов замещения (Al, Cr, Si). Поэтому при диффузионной металлизации процесс ведут при более высоких температурах.

Поверхностный слой детали, отличающийся от исходного материала по химическому составу, называется диффузионным слоем. Материал детали под диффузионным слоем с неизменившимся химическим составом называется сердцевиной.

2. Цементация стали

Цементацией называется процесс диффузионного насыщения поверхностного слоя стальных деталей углеродом.

Цель цементации — получение на поверхности детали высокой твердости и износостойкости в сочетании с вязкой сердцевиной. На цементацию поступают механически обработанные детали g припуском на шлифование 0,05—0,10 мм.

Цементации подвергают стали с низким содержанием углерода 0,1—0,2 %.

На поверхности концентрация углерода достигает 1,0 %. Глубина цементованного слоя (при содержании углерода порядка 0,4 %) обычно лежит в пределах 0,5—2,5 мм. Для достижения высокой твердости поверхности и вязкой сердцевины после цементации всегда проводится закалка с низким отпуском.

Различают два основных вида цементации; в твердой и газовой средах. Среда, поставляющая углерод к поверхности детали, подвергаемой цементации, называется карбюризатором.

Твердая цементация производится в специальных стальных ящиках, в которых детали укладываются попеременно с карбюризатором. Ящики закрываются крышками и замазываются огнеупорной глиной для предотвращения утечки газов. В качестве твердого карбюризатора используют дубовый или березовый древесный уголь и активизаторы ВаСО3 или Na2CO3. При нагреве до температуры 930—950 °С идут реакции:

2С + О2 → 2СО,

ВаСО3 + С → ВаО + 2СО,

2СО → СО2 + С.

Образующиеся активные атомы углерода диффундируют в решетку γ-железа.

Процесс цементации в твердом карбюризаторе проводят выше Ас3, когда сталь находится в аустенитном состоянии, в котором растворимость углерода выше. В течение 8—10 ч образуется слой толщиной около 1мм.

Газовая цементация является основным процессом массового производства. Стальные детали нагревают в газовых смесях, содержащих СО, СН4 и др. Газовая цементация проходит быстрее, так как не требует времени на прогрев ящика и карбюризатора. Слой толщиной 1 мм образуется за 6—7 ч.

После цементации характерно неравномерное распределение углерода по сечению детали. Полученный в результате цементации наружный слой содержит более 0,8 % углерода и имеет структуру заэвтектоидных сталей — перлит и вторичный цементит. Глубже лежит слой эвтектоидного состава с перлитной структурой, а далее — слой с феррито-перлитной структурой. Кроме того, после цементации из-за длительной выдержки при высоких температурах стали приобретают крупнозернистость.

3. Азотирование стали

Азотированием называется процесс насыщения поверхностного слоя азотом.

Целью азотирования является создание поверхностного слоя с высокой твердостью, износостойкостью, повышенной усталостной прочностью и сопротивлением коррозии.

Процесс азотирования состоит в выдержке в течение довольно длительного времени (до 60 ч) деталей в атмосфере аммиака при 500—600 °С. При более высокой температуре образуются более крупные нитриды и твердость уменьшается. Азотирование проводят в стальных герметически закрытых ретортах, в которые поступает аммиак.. Реторту помещают в нагревательную печь. Поступающий из баллонов аммиак при нагреве разлагается на азот и водород:

NH3→3H + N.

Активные атомы азота проникают в решетку α-железа и диффундируют в ней. Образующиеся при этом нитриды железа еще не обеспечивают достаточно высокой твердости. Высокую твердость азотированному слою придают нитриды легирующих элементов, прежде всего хрома, молибдена, алюминия. При совместном легировании стали Cr, Mo, A1 твердость азотированного слоя по Вик-керсу достигает HV 1200, в то время, как после цементации и закалки твердость HV 900.

Благодаря высокой твердости нитридов легирующих элементов азотированию обычно подвергают легированные среднеуглеродистые стали. К таким сталям относятся 38Х2МЮА, 35ХМА, более дешевая 38Х2Ю, а также некоторые штамповые стали, например 3X2BS, 5ХНМ.

Азотированию обычно подвергают готовые изделия, прошедшие механическую и окончательную термическую обработку (закалку с высоким отпуском). После такой термической обработки металл приобретает структуру сорбита, имеющую высокую прочность и вязкость. Эта структура сохраняется в сердцевине детали и после азотирования. Высокая прочность металлической основы необходима для того, чтобы тонкий и хрупкий азотированный слой не продавливался при работе детали. Высокая твердость после азотирования достигается сразу и не требует последующей термической обработки. Это важное преимущество процесса азотирования.

Участки, не подлежащие азотированию, защищают нанесением тонкого слоя олова (10—15 мкм) электролитическим методом или жидкого стекла. Глубина азотированного слоя составляет 0,3— 0,6мм. Из-за сравнительно низких температур скорость азотирования значительно меньше, чем при цементации и составляет всего 0,01 мм/ч и менее.

По сравнению с цементацией азотирование имеет ряд преимуществ и недостатков. Преимуществами азотирования являются более высокая твердость и износостойкость поверхностного слоя, сохранение им высоких свойств при нагреве до 500 °С, а также высокие коррозионные свойства. В азотированном слое создаются остаточные напряжения сжатия, что повышает усталостную прочность. Кроме того, после азотирования не требуется закалки, что позволяет избежать сопутствующих закалке дефектов.

Недостатками азотирования по сравнению с цементацией является более высокая длительность процесса и необходимость применения дорогостоящих легированных сталей. Поэтому азотирование применяют в случае изготовления более ответственных деталей, от которых требуется особо высокое качество поверхностного слоя.

Азотирование применяют в машиностроении для изготовления мерительного инструмента, гильз, цилиндров, зубчатых колес, шестерен, втулок, коленчатых валов и др.

1. Цианирование стали

Цианированием (нитроцементацией) называется процесс совместного насыщения поверхности стальных деталей азотом и углеродом.

Основная цель цианирования состоит в повышении твердости и износостойкости деталей.

При цианировании нагрев осуществляется либо в расплавленных солях, содержащих цианистые соли NaCN или KCN, либо в газовой среде, состоящей из смеси СН4 и NH3. Состав и свойства цианированного слоя зависят от температуры проведения цианирования.

В зависимости от температуры процесса различают высокотемпературное (850—950 °С) и низкотемпературное (500—600 °С) цианирование. Чем выше температура цианирования, тем меньше насыщение поверхностного слоя азотом и больше углеродом. Совместная диффузия углерода и азота протекает быстрее, чем у этих элементов в отдельности.

При низкотемпературном цианировании поверхностный слой насыщается преимущественно азотом. Низкотемпературному цианированию обычно подвергают окончательно изготовленный и за- точенный режущий инструмент из быстрорежущих марок стали с целью повышения его износостойкости и красностойкости. После низкотемпературного цианирования отпуск не производится. Глубина цианированного слоя 0,01—0,04 мм о твердостью HV 1000.

После высокотемпературного цианирования на глубину 0,6— 1,8 мм в течение 3—10 ч детали подвергают закалке и низкому отпуску, Твердость после термообработки составляет HRC 59—62.

По сравнению с цементированным цианированный слой имеет несколько более высокую твердость и износостойкость, а также более высокое сопротивление коррозии. В ваннах можно подвергать цианированию мелкие детали, например детали часовых механизмов, для которых достаточно получение слоя небольшой толщины.

Недостатком цианирования является более высокая стоимость процесса, связанная с необходимостью строгого соблюдения правил техники безопасности из-за высокой токсичности цианистых солей.

1. Диффузионная металлизация

Диффузионной металлизацией называется процесс диффузионного насыщения поверхностных слоев стали различными металлами. Детали, поверхность которых насыщена алюминием, хромом, кремнием, бором, приобретают ряд ценных свойств, например жаростойкость, коррозионную стойкость, повышенную износостойкость и твердость.

Металлизация бывает твердая, жидкостная и газовая. При жидкостной металлизации стальная деталь погружается в расплав металла. При твердой и газовой металлизации насыщение происходит с помощью летучих соединений хлора с металлом А1С13, CrCl3, SiCl4, которые при температуре 1000—1100 °С вступают в обменную реакцию с железом с образованием диффундирующего элемента в активном состоянии.

При алитировании, т. е. насыщении алюминием, которое обычно проводится в порошкообразных смесях или расплавленном алюминии, детали приобретают повышенную коррозионную стойкость благодаря образованию плотной пленки А12О3, предохраняющей металл от окисления. Толщина слоя составляет 0,2—0,5 мм.

При хромировании обеспечивается высокая стойкость против газовой коррозии до 800 °С, а также стойкость против коррозии в воде, морской воде и кислотах. Толщина слоя составляет до 0,2 мм.

Силицирование, т. е. насыщение кремнием, придает высокую кислотоупорность в соляной, серной и азотной кислотах и применяется для деталей, используемых в химической и нефтяной промышленности. Толщина слоя колеблется в пределах 0,3—1,0 мм.

Борирование придает поверхностному слою исключительно высокую твердость (до HV 1800—2000), износостойкость и устойчивость против коррозии в различных средах. Борирование часто проводят при электролизе расплавленных солей, например буры Na2B2O7, когда стальная деталь является катодом. При температуре около 150 °С и выдержке 2—5 ч на поверхности образуется твердый борид железа и толщина слоя достигает 0,1—0,2 мм.