Лабораторная работа №8

Структура и свойства цементованной стали.

Цель работы: ознакомиться с технологией цементации изделий и режимом их термической обработки, изучить микроструктуру цементованного слоя, определить его глубину.

Приборы: металлографический микроскоп, набор микрошлифов цементованных сталей после медленного охлаждения и термически обработанных.

Цементация - это один из способов химико-термической обработки стали, заключающийся в сочетании термического и химического воздействия с целью изменения состава, структуры и свойств поверхностного слоя стали. Процесс цементации известен с давних пор. До середины прошлого века сталь умели получать методом сквозной цементации железа.

Назначение цементации и последующей термической обработки - придать поверхностному слою высокую твердость, износостойкость, повысить предел выносливости при сохранении вязкой и пластичной сердцевины.

При цементации происходит, поверхностное насыщение стали углеродом, в результате чего образуется высокоуглеродистый поверхностный слой.

Проникновение углерода в сталь возможно только в том случае, если углерод находится в атомарном состоянии. Атомарный углерод абсорбируется поверхностью стали, и диффундирует в глубь металла.

Поэтому цементация, как и любая ХТО, включает три последовательные стадии:

1. Диссоциация- распад молекул с образованием активных атомов насыщающего элемента. Процесс идет в газовой среде вблизи поверхности или непосредственно на поверхности металла.

2. Абсорбция - поглощение поверхностью металла свободных атомов и растворение их в металле. Процесс происходит на границе, газ-металл и возможен при условии возможности растворения диффундирующего элемента в основном металл.

3. Диффузия- проникновение насыщающего элемента вглубь металла. Процесс происходит при достаточно высокой температуре, обеспечивающей необходимую энергию атомам.

В результате диффузии на поверхности металла образуется максимальная концентрация дифузирующего элемента, которая понижается по мере удаления от поверхности (рис 1).

Глубина диффузионного слоя, характеризуется величиной "у", которая прямо пропорционально зависит от температуры и времени процесса, концентрации диффундирующего элемента на поверхности.

Для цементации применяются низкоуглеродистые и легированные стали с содержанием углероде 0,1-0,3 % Выбор таких сталей необходим для того, чтобы сердцевина изделия, не насыщающаяся углеродом при цементации, сохраняла высокую вязкость после закалки.

Детали на цементацию поступают после механической обработки с припуском (60-I00 мкм) на шлифование.

Цементация проводится при температуре выше точки АС3(900-950 0С), когда сталь находится в состоянии γ- фазы (аустенита) и способна растворять в себе до 2% углерода.

Различают два основных вида цементации - в твердой и, в газовой средах.

Твердая цементация обычно проводится в карбюризаторе, состоящем из смеси древесного угля с 10-40% активизирующих процесс углеродистых солей- BaCO3, Na2CO3, K2CO3.

Детали, подлежащие цементации, помещаются в стальные ящики засыпаются карбюризатором и помещаются и печь. Кислород воздуха в ящике взаимодействует с углеродом карбюризатора, образуя окись углерода. В присутствии железа она диссоциирует по уравнению.

2CO → CO2 + CQT

Атомарный углерод диффундирует в решетку γ - железа и насыщает его до предела, определяемого линией: SE диаграммы железо-цементит.

После цементизации ящики охлаждают на воздухе до 400-500 0С и раскрывает. Процесс твердой цементации весьма продолжительный и может длиться до десяти и более часов, где много времени затрачивается на прогрев ящиков.

Основным способом цементации в массовом производстве на сегодняшний день, значительно сокращающим длительность процесса, является цементация в газовых средах. Здесь цементация осуществляется в шахтных печах периодического действия, либо в без муфельных печах непрерывного действия. В качестве карбюризатора используется природный газ, состоящий в основном из метана (СН4), жидкие углеводороды (бензол, синтин, керосин и др.), подающиеся в виде капель в реторту печи и испаряющиеся с образованием атомарного углерода.

Процесс идет при температуре 900-950 0С с основными реакциями:

СН4 → 2Н2 + С атомарный

2СО → СО2 + С атомарный

Глубина науглероживания при цементации составляет 0,5-2 мм при скорости О,I2 - 0,I5 мм/час. Процесс цементации изменяет структуру стали в поверхностном слое. При оптимальном режиме цементации после медленного охлаждения в структуре цементованного слоя можно различить три зоны: (рис 2)

на поверхности заэвтектоидную, состоящую из перлита и вторичного цементита, образующего сетку по бывшему зерну аустенита; звтектоидную, состоящую из однородного пластинчатого перлита и доэвтектоидную, состоящую из перлита и феррита. По мере удаления от поверхности к сердцевине количество перлита уменьшается, а феррита увеличивается.

За глубину цементованного слоя принимается сумма заэвтектоидной, эвтоктоидной и половины доээтектоидной зон (до содержания 0,4-0,5 % С).

Независимо от способа цементации концентрация углерода в поверхностном слое не должна превышать 1,1-1,2 %. Более высокое содержание ведет к повышению хрупкости стали.

Задача цементации - получить высокую поверхностную твердость и износоустойчивость при вязкой сердцевине не решаются одной цементацией. Цементацией достигается лишь выгодное распределение углерода по сечению. Окончательно формирует свойства цементованно детали последующая закалка, после которой на поверхности получается высокоуглеродистый мартенсит, а сердцевина сохраняет нужную твердость и высокую вязкость. После закалки для снятия внутренних напряжений цементованные детали подвергают низкому отпуску при температурах 150-200 0С.

В итоге обеспечивается твердость поверхности HRC 58-62 и сердцевины – HRC 25-35 для легированных сталей. Для углеродистых твердость сердцевины еще ниже.

При назначении режима термической обработки цементованных деталей необходимо учитывать следующие обстоятельства:

l. Длительный нагрев при цементации вызывает рост аустенитного зерна.

2. Цементованные детали имеют неравномерное распределение углерода по сечению – 0,8-1,2 % с поверхности и 0,I-0,3 %- в сердцевине.

В зависимости от требований, которые предъявляются к цементованным деталям, применяются различные варианты термической обработки (рис 3).

1. Закалка с цементационного нагрева (900-950 0С). Это наиболее простой способ, применяется после газовой цементации для деталей, от которых требуется только поверхностная твердость. Другие механические свойства здесь невысоки, т.к. при таком режиме не устраняется крупнозернистое строение, полученное в результате длительной выдержки при цементации. На поверхности образуется структура крупно игольчатого мартенсита с большим количеством остаточного аустенита из-за закалки с высоких температур, что ведет к снижению твердости. В сердцевине структура крупнозернистых феррита и цементита.

Однако закалка с цементационного нагрева обеспечивает меньшую деформацию деталей и значительно дешевле по сравнению с другими режимами.

Недостатки этого способа в значительной степени можно уменьшить, если применять:

1) наследственно мелкозернистые стали;

2) подстуживание после цементации до 750-800 0С; это не снижает количество А ост., но уменьшает внутренние напряжения:

3) обработку холодом, которая обеспечивает дополнительное превращение А ост. и повышение твердости поверхностного слоя.

П. При повышенных требованиях к структуре и свойствам деталей они охлаждаются после цементации на воздухе, а потом подвергается закалке с температуры 650-900 0С, которая выше верхней критической точки (АС3) для сердцевины и поверхности. В результате в сердцевине происходит полная перекристаллизация и зерно измельчается. В поверхностном слое растворяется цементитная сетка, если она образовалась при цементации и образуется структура крупно игольчатого мартенсита, т.к. такой нагрев является перегревом для эазвтектоидной стали (оптимальной температурой нагрева заэвтектоидной стали под закалку является АС1+(30+50 0С).

Конечной операцией является низкий отпуск при температуре 150-170 0С.

III. При особенно высоких требованиях к цементованным деталям применяется двойная закалка с низким отпуском. Первая закалка проводится с температур выше критической точки АС3 сердцевины. Цель ее - уменьшить структуру сердцевины и растворить цементитную сетку, в поверхностном слое.

Вторая закалка проводится с температур, оптимальных для поверхностного слоя (на 30-50 0С выше АС1). Цель ее - устранить перегрев на поверхности, полученный при первой закалке и обеспечить структуру мелко игольчатого мартенсита с вкрапленным избыточным цементитом. В сердцевине также обеспечивается мелкозернистая структура.

Цементация с последующей термической обработкой повышает предел выносливости изделий из-за образования в поверхностном слое значительных остаточных напряжений сжатия (400-500 МПа) и резко понижает чувствительность к концентраторам напряжений. Износостойкость и контактная прочность цементованных сталей высока и достигает 2000 МПа.