**Энгельсский технологический институт (филиал)
федерального государственного бюджетного образовательного
учреждения высшего образования
«Саратовский государственный технический университет
имени Гагарина Ю. А.»**

ИЗУЧЕНИЕ МИКРОСТРУКТУРЫ СТАЛЬНЫХ ДЕТАЛЕЙ ПОСЛЕ ЦЕМЕНТАЦИИ

Методические указания
к выполнению лабораторной работы
по курсу «Материаловедение»
для студентов направлений

15.03.02 «Технологические машины и оборудование»
15.03.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств»
18.03.01 «Химическая технология»
23.03.01 «Нефтегазовое дело»

очной и заочной формы обучения

Энгельс 2025

Цель работы: установить структурные составляющие цементованного слоя стальных деталей до и после термической обработки.

ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ

Для повышения износостойкости и долговечности стальных деталей широко применяется цементация (науглероживание) с последующей упрочняющей термической обработкой.

Цементация – это один из видов химико-термической обработки стали, сочетающей изменение химического состава в поверхностных слоях детали и термической обработки, формирующей окончательную микроструктуру и свойства.

Цементация рекомендуется для таких деталей, как зубчатые колеса, пальцы и втулки втулочно-роликовых цепей, поршневые пальцы, валы, кулачки, копиры металлорежущих станков и др.

На цементацию детали поступают после механической обработки с припуском на шлифование (до 100 мкм).

Для цементации обычно используют низкоуглеродистые, чаще легированные стали. Обращается внимание на прокаливаемость исходной стали в рабочем сечении детали и закаливаемость поверхностного слоя. Практически рекомендуются стали с содержанием 0,20 - 0,25% углерода, хотя применяются стали с меньшим и большим содержанием углерода. Допускается верхний предел углерода до 0,45%. Чем выше содержание углерода, тем прочнее сердцевина. Наиболее распространенные цементированные стали 20Х, 25ХГТ, 20ХН3А, 12ХН3А,20ХНР, 15, 20.

Цементация заключается в диффузионном насыщении поверхностного слоя стали углеродом при нагреве в соответствующей среде-карбюризаторе. Диффузия углерода в сталь возможна только в том случае, если устойчив аустенит, растворяющий углерод в большом количестве, т. е. выше точки Ac_3. Кроме того, углерод должен быть в атомарном состоянии, которое получают, например, диссоциацией газов, содержащих углерод (CO, CH_4 и др.). Атомарный углерод адсорбируется поверхностью стали и диффундирует в глубь металла со скоростью 0,12 – 0,15 мм при толщине слоя 1,5 – 1,7 мм. В некоторых случаях цементируют на меньшую или, наоборот, большую глубину.

Цементацию проводят в газовой среде или в твердой упаковке и очень редко в жидкой среде. Газовая цементация была впервые разработана и применена русским металлургом П.П. Аносовым в 1837 г. Процесс цементации в твердом карбюризаторе (в среде древесного угля с добавками углекислых солей) наиболее старый, но сейчас применяется редко в мелкосерийном и индивидуальном способах производства как малопроизводительный.

Концентрация углерода в поверхностном слое после цементации должна составлять 0,8 – 1,0 %, иногда ее доводят до 1,1 – 1,2%. Более высокая концентрация углерода вызывает ухудшение механических свойств детали ($\sigma_{изг}$, σ_{-1} K_{1c}).

Цементованный слой имеет переменную концентрацию углерода по глубине, убывающую от поверхности к сердцевине детали. В связи с этим после медленного охлаждения в структуре цементованного слоя можно различить (от поверхности к сердцевине) три зоны: заэвтектоидную, состоящую из перлита и вторичного цементита, образующего сетку по бывшему зерну аустенита; эвтектоидную, состоящую из одного пластинчатого перлита, и доэвтектоидную зону, состоящую из перлита и феррита.

Количество феррита в доэвтектоидной зоне непрерывно возрастает по мере приближения к структуре исходной стали.

При определении толщины диффузионного слоя обычно указывается не общая толщина слоя с измененным составом, а только толщина до определенной концентрации диффундирующего элемента или до определенной твердости – эффективная толщина диффузного слоя. За эффективную толщину цементованного слоя, оговоренную в технических условиях, принимают сумму заэвтектоидной, эвтектоидной и половины переходной зон или расстояние от поверхности до содержания 0,45% С. В закаленном состоянии это соответствует твердости 50 HRC.

Окончательные свойства цементованных деталей достигаются в результате термической обработки, выполняемой после цементации. Этой обработкой можно измельчить зерно сердцевины и цементованного слоя, неизбежно увеличивающееся во время длительной выдержки (6-12 часов) при высокой температуре цементации (930 – 950 °С), получить высокую твердость в цементованном слое и хорошие механические свойства сердцевины. Одновременно устраняется карбидная сетка в цементованном слое, которая может возникнуть при насыщении его углеродом до заэвтектоидной концентрации.

В большинстве случаев применяют закалку от 820 – 830°С в воде или масле с последующим низким отпуском при 160 – 180°С с выдержкой не менее 1 часа. Для наиболее ответственных тяжело нагруженных деталей применяют двойную закалку и низкий отпуск. Первую закалку (или нор-

мализацию) с нагревом до 880 – 900°С (выше точки Ас3 сердцевины) назначают для исправления структуры сердцевины. Одновременно при таком нагреве в аустените растворяется цементитная сетка в поверхностном слое. При быстром охлаждении она уже вновь не образуется. Вторую закалку проводят с нагревом до 760 – 780 °С для устранения перегрева цементованного слоя и придания ему высокой твердости.

В результате термической обработки поверхностный слой приобретает структуру мелкоигольчатого отпущенного мартенсита и изолированных участков остаточного аустенита. Твердость поверхности составляет 62 – 63 HRC. Структура сердцевины должна состоять из сорбита, троостита или низкоуглеродистого отпущенного мартенсита с твердостью в пределах 30 – 45 HRC. Сохранение обособленных участков или сетки феррита нежелательно, так как это сопровождается, снижением прочности, пластичности и вязкости цементованных деталей и допускается только для слабонагруженных деталей, изготовляющихся из углеродистых сталей.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПОДГОТОВКИ

1. Для чего применяют цементацию стальных деталей?
2. Какие стали используют для цементации?
3. В чем состоит сущность процесса цементации?
4. Какая температура и продолжительность цементации?
5. Какая обычная толщина цементации и насыщенность углеродом в поверхностном слое?
6. Что принимают за толщину цементации?
7. Какая термическая обработка деталей применяется после цементации?
8. Какие цели преследует термическая обработка после цементации?
9. Какая микроструктура стали должна быть в сердцевине тяжело нагруженных цементованных деталей после термической обработки?
10. Когда можно допустить в сердцевине цементованных деталей после термообработки ферритно-перлитную структуру?

МАТЕРИАЛЫ И ОБОРУДОВАНИЕ

Готовые микрошлифы цементованной стали до и после термической обработки. Металломикроскопы. Альбом фотографий микроструктур.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Рассмотреть в микроскоп готовые микрошлифы, сравнить с фотографиями микроструктур.

2. Зарисовать микроструктуры до и после термической обработки, выделить и описать различные зоны. Показать на рисунке толщину цементации.

ВЫВОДЫ

Сформулировать одно, два обобщающих заключений о научном и практическом результатах исследования структур цементованных сталей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Лахтин Ю. М. Материаловедение / Ю.М. Лахтин, В.П. Леонтьева 3-е изд., перераб. и доп. М.: Машиностроение, 1990. 528 с.

2. Ассонов А. Д. Основные сведения о металловедении и термической обработке. / А.Д. Ассонов. М.: Машиностроение, 1972. 112с.

ИЗУЧЕНИЕ МИКРОСТРУКТУРЫ СТАЛЬНЫХ ДЕТАЛЕЙ ПОСЛЕ ЦЕМЕНТАЦИИ

Методические указания
к выполнению лабораторной работы
по курсу «Материаловедение»
для студентов механических специальностей

Составили: ЗЕМЧЕНКОВ Владимир Степанович
МАХУКОВ Николай Георгиевич
Рецензент А. М. Долгих
Редактор Н.Н. Крылова

Подписано в печать 10.09.02 Формат 60*84 1/16
Бум. тип. Усл. - печ. л. 0,46(0,5) Уч.-изд. л. 0,4
Тираж 100 экз. Заказ 112 Бесплатно
Саратовский государственный технический университет
410054 г. Саратов, ул. Политехническая, 77
Копи принтер СГТУ, 410054 г. Саратов, ул. Политехническая, 77