

Тема 1.3 «Основы термической и химико-термической обработки металлов»

Понятие о термической обработке металлов, ее назначение. Основные виды термической обработки стали

Физико-механические свойства стали и чугуна можно улучшить, изменив химический состав этих сплавов или их структуру.

Изменение химического состава железоуглеродистых сплавов за счет введения легирующих химических элементов требует использования дорогих и редких элементов. Экономически выгоднее улучшать в определенных пределах физико-механические свойства стали и чугуна за счет изменения их структуры. Тогда можно будет для тех же целей применять сплавы более простого состава. Достигается это термической обработкой.

При формировании свойств готового изделия первоочередную роль играет термическая обработка. В принципе, правильно подобранной и точно выполненной термической обработкой можно добиться высокого комплекса свойств даже для изделий из такой стали, которая содержит малые количества недорогих легирующих присадок.

Термическая обработка представляет собой совокупность операций нагрева, выдержки и охлаждения, выполняемых в определенной последовательности при определенных режимах, с целью изменения внутреннего строения сплава и получения нужных свойств.

При термической обработке перекристаллизация сплавов происходит в твердом состоянии.

Основные виды термической обработки стали и чугуна: отжиг, нормализация, закалка и отпуск.

Отжиг – нагрев стали до заданной температуры, выдержка при такой температуре до полного прогрева металла и последующее очень медленное охлаждение (вместе с охлаждаемой печью).

Отжиг стали производится в тех случаях, когда необходимо уменьшить твердость, повысить пластичность и вязкость, ликвидировать последствия перегрева, получить равновесное состояние, улучшить обрабатываемость при резании.

Отжиг, снижая твердость и повышая пластичность и вязкость за счет получения равновесной мелкозернистой структуры, позволяет:

- улучшить обрабатываемость заготовок давлением и резанием;
- исправить структуру сварных швов, перегретой при обработке давлением и литье стали;
- подготовить структуру к последующей термической обработке.

Разновидностями отжига сталей является нормализация.

Нормализация - вид термической обработки стали, заключающийся в нагреве до определённой температуры, выдержке и охлаждении на спокойном воздухе.

Нормализация применяется в тех случаях, когда необходимо получить мелкозернистую однородную структуру с более высокой твердостью и прочностью, но с несколько меньшей пластичностью, чем после отжига.

В результате нормализации уменьшаются внутренние напряжения, устраняются пороки, полученные в процессе предшествующей обработки.

Основная цель нормализации – повышение механических свойств стали.

Нормализация более производительный и экономичный процесс, чем отжиг.

Закалка - нагрев стали до заданной температуры, выдержка при достигнутой температуре до полного прогрева металла и последующее очень быстрое его охлаждение (в воде, масле, солевых растворах).

Основной целью закалки инструментальных сталей является придание им высокой твёрдости. Детали машин закалывают для повышения их упругости и прочности, твёрдости и износоустойчивости.

Стали, подвергающиеся закалке, характеризуются закаливаемостью и прокаливаемостью.

Закаливаемость – способность стали приобретать высокую твердость при закалке. Закаливаемость определяется содержанием углерода. Стали с содержанием углерода менее 0,20 % не закаливаются.

Прокаливаемость – способность получать закаленный слой, обладающей высокой твердостью, на определенную глубину.

В тех случаях, когда требуются высокая твердость и повышенная износостойкость поверхности при сохранении вязкой и достаточно прочной сердцевины изделия, применяется поверхностная закалка, то есть закалка не на полную глубину. Выбор оптимальной толщины упрочняемого слоя определяется условиями работы детали и составляет от 1,5 до 15 мм (и выше). В практике наиболее часто используют поверхностную закалку с индукционным нагревом током высокой частоты (ТВЧ).

В результате закалки сталь становится хрупкой, в ней появляются значительные внутренние напряжения. С целью снижения закалочной хрупкости и уменьшения внутренних напряжений после закалки производится отпуск.

Отпуск - термическая обработка, включающая нагрев закаленной стали до температуры ниже критических точек, выдержка при этой температуре и охлаждение.

Отпуск является окончательной термической обработкой.

Целью отпуска является повышение вязкости и пластичности, снижение твердости и уменьшение внутренних напряжений закаленных сталей.

С повышением температуры нагрева прочность обычно снижается, а пластичность и вязкость растут. Температуру отпуска выбирают, исходя из требуемой прочности конкретной детали.

Различают три вида отпуска:

1) Низкий отпуск с температурой нагрева $T_n = 150...300^\circ\text{C}$.

В результате его проведения частично снимаются закалочные напряжения – проводят для инструментальных сталей.

2) Средний отпуск с температурой нагрева $T_n = 300...450^\circ\text{C}$.

Получают структуру, сочетающую высокую твердость с хорошей упругостью и вязкостью.

Используется для изделий типа пружин, рессор.

3) Высокий отпуск с температурой нагрева $T_n = 450...650^\circ\text{C}$.

Получают структуру, сочетающую достаточно высокую твердость и повышенную ударную вязкость (оптимальное сочетание свойств). Используется для деталей машин, испытывающих ударные нагрузки. Комплекс термической обработки, включающий закалку и высокий отпуск, называется улучшением.

Конструкционные стали подвергают закалке и отпуску для повышения прочности и твердости, получения высокой пластичности, вязкости и высокой износостойкости, а инструментальные – для повышения твердости и износостойкости.

Химико-термическая обработка стали

Химико-термическая обработка (ХТО) стали - совокупность операций термической обработки с насыщением поверхности изделия различными элементами (C, N, Al, Si, Cr и др.) при высоких температурах.

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

Химико-термическая обработка повышает твердость, износостойкость, коррозионную стойкость и, создавая на поверхности изделий благоприятные остаточные напряжения сжатия, увеличивает их надежность и долговечность.

Химико-термическая обработка является основным способом поверхностного упрочнения деталей.

Основными разновидностями химико-термической обработки являются:

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

Цементация – химико-термическая обработка, заключающаяся в диффузионном насыщении поверхностного слоя атомами углерода при нагреве до температуры $900...950^\circ\text{C}$.

Цель цементации и последующей термической обработки - повышение твердости, износостойкости и пределов контактной выносливости поверхности изделия при вязкой сердцевине, что обеспечивает выносливость изделия в целом при изгибе и кручении.

Азотирование - химико-термическая обработка поверхностным насыщением стали азотом путем длительной выдержки ее при нагреве до $600...650^\circ\text{C}$ в атмосфере аммиака NH_3 . Азотированные стали обладают очень высокой твердостью (азот образует различные соединения с Fe, Al, Cr и

другими элементами, обладающие большей твердостью, чем карбиды) и повышенной сопротивляемостью коррозии в таких средах, как атмосфера, вода, пар и др.

Азотирование сталей широко применяют в машиностроении для повышения твердости, износостойкости, предела выносливости и коррозионной стойкости ответственных деталей, например, зубчатых колес, валов, гильз цилиндров и др.

Нитроцементация (цианирование) - химико-термическая обработка с одновременным поверхностным насыщением изделий азотом и углеродом при повышенных температурах с последующими закалкой и отпуском для повышения износо- и коррозионной устойчивости, а также усталостной прочности.

Нитроцементация эффективна для инструментальных (в частности, быстрорежущих) сталей; она используется для деталей сложной конфигурации, склонных к короблению. Однако, поскольку этот процесс связан с использованием токсичных цианистых солей, он не нашел широкого распространения.

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.

Цель борирования - повышение твердости, износостойкости и некоторых других свойств стальных изделий. Диффузионный слой толщиной 0,05...0,15 мм, состоящий из боридов FeB и Fe₂B, обладает весьма высокой твердостью, стойкостью к абразивному изнашиванию и коррозионной стойкостью. Борирование особенно эффективно для повышения стойкости (в 2...10 раз) бурового и штампового инструментов.

Цинкование (Zn), алюминирование (Al), хромирование (Cr), силицирование (Si) сталей выполняются аналогично цементации с целью придания изделиям из стали некоторых ценных свойств: жаростойкости, износостойкости, коррозионной устойчивости. В настоящее время все большее распространение получают процессы многокомпонентного диффузионного насыщения.

Поверхностное насыщение стали металлами (Cr, Al, Si и др.), образующими с железом твердые растворы замещения, более энергоемко и длительнее, чем насыщение азотом и углеродом, образующими с железом твердые растворы внедрения.