

Термическая обработка

Основы термической обработки
металлов и сплавов

Термическая обработка

- это технологический процесс тепловой обработки заготовок, деталей машин и инструмента, в результате которой изменяется микроструктура материала, а вместе с ней механические, физико-химические и технологические свойства.

- Термической обработке подвергают заготовки, поковки, штамповки, а также готовые детали и инструмент для придания им необходимых свойств:
- Твердости
- Прочности
- Износостойкости
- Упругости
- Снятия внутренних напряжений
- улучшения обрабатываемости.

Сущность термической обработки

- нагрев металла до температуры, которая несколько выше или ниже критических температур, выдержке при этих температурах и быстром или медленном охлаждении.

- **При быстром охлаждении** увеличиваются твердость, износостойкость, упругость и т. д.
- **При медленном охлаждении** - пластичность, ударная вязкость, обрабатываемость.
- В зависимости от способа нагрева и глубины прогрева превращения происходят по всему сечению или только в поверхностных слоях обрабатываемых деталей.

Способы термической обработки сталей

- *объемная термическая обработка сталей (закалка, отпуск, отжиг, нормализация);*
- *поверхностная термическая обработка стали;*
- *химико-термическая обработка;*
- *электротермическая обработка;*
- *термомеханическая обработка*

Режим термической обработки

- *Процесс термической обработки* состоит из операций нагрева изделия, выдержки при данной температуре и охлаждения с определенной скоростью.
- *Параметры технологического процесса* термической обработки - максимальная температура нагрева сплава, время выдержки при данной температуре и скорости нагрева и охлаждения.

- Различают *технически возможную* и *технически допустимую* скорости нагрева для каждой детали или партии деталей.
- ***Технически возможная скорость нагрева*** зависит от способа нагрева, типа нагревательных устройств, формы и расположения изделий, массы одновременно нагреваемых деталей и других факторов.
- ***Технически допустимая, или технологическая, скорость нагрева*** зависит от химического состава сплава, структуры, конфигурации изделия и интервала температур, при которых ведется

- ***Время выдержки*** — это время, необходимое для полного выравнивания температур по всему объему изделий и для завершения всех фазовых и структурных превращений.
- ***Охлаждение*** — это завершающий процесс, осуществляемый с целью получения нужной структуры с необходимыми механическими свойствами.

- В зависимости от температуры нагрева и скорости охлаждения различают следующие основные виды термической обработки:
- Отжиг
- Нормализация
- Закалка с последующим отпуском.

ОТЖИГ И НОРМАЛИЗАЦИЯ

Отжиг

- Это разупрочняющая обработка деталей и заготовок, заключающаяся в нагреве до определенной температуры в пределах критических точек и последующем медленном охлаждении вместе с печью.
- **Назначение отжига** - устранение структурной неоднородности в деталях и заготовках, полученных обработкой давлением, литьем, ковкой и сваркой, и перекристаллизация структур деталей.

Различают отжиг первого и второго рода

- *Отжиг первого рода* — это нагрев деталей и заготовок с неравновесной структурой для получения стабильно равновесной структуры.
- *Отжиг второго рода* — это нагрев деталей и заготовок выше критических температур с последующим медленным охлаждением для получения устойчивого состояния структуры.

Виды отжига

- Полный
- Неполный
- Низкотемпературный
- Изотермический
- Выравнивающий
- Диффузионный

Полный отжиг

- подвергают штамповки, поковки и отливки из доэвтектоидной и заэвтектоидной стали для перекристаллизации их деформированной микроструктуры.

После полного отжига

- твердость понижается
- ударная вязкость, прочность и пластичность повышаются
- улучшается обрабатываемость резанием и снимаются внутренние напряжения.

Неполный отжиг

- применяют в основном для деталей и заготовок из заэвтектоидных сталей. Для доэвтектоидных сталей применяют для поковок, штамповок и отливок.

- снижаются внутренние напряжения
- понижается твердость
- увеличивает пластичность и ударную вязкость.
- улучшается обрабатываемость резанием
- предотвращают коробление и образование микротрещин

Низкотемпературный отжиг

- низкотемпературному отжигу подвергают заготовки с целью снятия внутренних напряжений, улучшения обрабатываемости резанием, волочением

Изотермический отжиг

- подвергают детали небольших сечений из легированных и углеродистых сталей.
- В процессе этой термической операции понижается твердость, увеличивается прочность и пластичность и улучшается обрабатываемость резанием различными технологическими операциями.

Дефекты при отжиге

- *Перегрев* возникает при несоблюдении температурного режима при высоких температурах и при технологически необоснованной длительной выдержке в печи.
- Перегрев является исправимым дефектом.

Обезуглероживание и окисление

- Происходит при отжиге в соляных ваннах, электрических и пламенных печах
- Обезуглероживание понижает прокаливаемость, обуславливает невосприимчивость к закалке, снижает усталостную прочность, ухудшает химические свойства поверхностей деталей.

Нормализация

- незначительно понижаются твердость, прочность, повышаются пластичность и ударная вязкость, улучшается обрабатываемость резанием.

ЗАКАЛКА И ОТПУСК

Закалка

- Закалкой называется нагрев стали до температуры выше критических, выдержка при этой температуре и последующее быстрое охлаждение.
- В результате закалки повышаются твердость, прочность, упругость, износостойкость и другие механические свойства.

- **Главная цель закалки -** сохранение равномерной растворимости углерода путем фиксации микроструктуры.
- **Основное назначение закалки —** получение высокой твердости, износостойкости, повышенной прочности, упругости и уменьшение пластичности.

- *В процессе закалки изменяются:*
- механические свойства (твёрдость, ударная вязкость)
- физические свойства (магнитность, электрическое сопротивление и др.)
- химические свойства (однородность по химическому составу, коррозионная стойкость).

режимы термообработки

- температура нагрева;
- скорость нагрева и время выдержки;
- среда нагрева;
- скорость охлаждения.

Выбор температуры закалки

- Температура нагрева для закалки теоретически определяется по диаграмме Fe — Fe₃C. Для углеродистых сталей она должна быть выше линии GSK на 30...50°C
- Для легированных сталей температура нагрева для закалки определяется тремя методами: диаметрическим, магнитным или пробной закалкой.

Режимы нагрева и охлаждения

- Время нагрева зависит от сечения деталей и заготовок, конструкции и мощности нагревательных устройств.
- От среды в нагревательных устройствах (горн, печи, ванны) зависят скорость нагрева и побочные (отрицательные) явления. К отрицательным относятся обезуглероживание и окисление закаливаемых деталей.

- При соблюдении технологически обоснованных режимов нагрева, выдержки и охлаждения исключается появление больших внутренних напряжений, образование трещин и других дефектов закалки.
- От скорости охлаждения при закалке зависят структура и свойства закаливаемых деталей.

Закалочные среды

- Закалочная среда, ее охлаждающая способность обеспечивают фиксирование равномерного растворения углерода во вновь образованной микроструктуре распада аустенита.
- Для получения полной закалки применяют охладители с различной охлаждающей способностью.

- В качестве закалочных сред применяются следующие растворы и жидкости:
- Вода
- водный раствор поваренной соли
- Масло
- Воздух
- минералы и другие материалы.

По силе действия охладители подразделяются на следующие группы

- *слабые* — струя воздуха, расплавленные соли, горячая и мыльная вода;
- *умеренные* — веретенное масло, трансформаторное масло, расплавленные соляные ванны с 1 % вольт;
- *среднедействующие* — растворы в холодной воде извести, глицерина и жидкого стекла;
- *сильные* — чистая холодная вода, поваренная соль в растворе холодной воды, дистиллированная вода и ртуть.

- Скорость охлаждения также зависит от способа охлаждения (погружения) закаливаемой детали.
- Охлаждающую среду выбирают в зависимости от технологической целесообразности, химического состава металла детали, требуемых физико-механических свойств.

Закаливаемость и прокаливаемость

- **Закаливаемость** зависит от массовой доли углерода в стали. Чем больше массовая доля углерода в стали, тем выше способность к закаливаемости этой стали.
- Закалку не воспринимают стали с массовой долей углерода до **0,3 %**, а также **углеродистые конструкционные стали обыкновенного качества по ГОСТ 380-2005**

- Закалке подвергаются углеродистые конструкционные качественные и легированные стали с массовой долей углерода от 0,3 % и выше и все инструментальные стали.

- **Прокаливаемость** зависит от критической скорости охлаждения и от устойчивой способности аустенита не изменять своей микроструктуры.
- Все легирующие элементы повышают прокаливаемость.

Дефекты закалки

- деформация, коробление и трещины;
- недостаточная твердость;
- повышенная хрупкость;
- образование мягких пятен;
- изменение размеров;
- внутренние напряжения;
- окисление и обезуглероживание.

Отпуск

- Отпуском называется технологический процесс нагрева деталей после закалки до низких температур (150...650 °С), выдержка при этой температуре и медленное естественное охлаждение на воздухе.

Назначение отпуска

- устранение внутренних напряжений у деталей после закалки, повышение ударной вязкости, уменьшение хрупкости и частичное уменьшение твердости

- Температура отпуска зависит от вида закаливаемых деталей и назначения отпуска. В практике применяются
- Низкий отпуск
- Средний отпуск
- Высокий отпуск

Низкий отпуск

- применяется для снятия внутренних напряжений, повышения ударной вязкости инструмента из легированных и углеродистых сталей.
- Низкому отпуску подвергают режущий и измерительный инструмент, детали шариковых и роликовых подшипников, постоянные магниты, детали машин, изготовленные из легированных конструкционных цементируемых и высокопрочных сталей.

Средний отпуск

- применяется для упругих деталей: рессор, пружин, ударного и штампового инструмента, торсионов и др.
- Твердость деталей, полученная при закалке после отпуска, заметно понижается. Резко возрастает ударная вязкость, что приводит к увеличению циклической вязкости (такое свойство необходимо для упругих деталей).

Высокий отпуск

- производят для деталей машин из углеродистых конструкционных качественных и легированных сталей, работающих при больших нагрузках: валов, шпинделей, блоков шестерен, кулачковых муфт, храповых механизмов и др.
- Деталь приобретает высокую износостойкость, прочность, ударную вязкость и относительную пластичность.