**Лекции №51-№54 ОТЖИГ И ЗАКАЛКА СТАЛИ**

**План работы**

1. **Составить конспект лекции**
2. **Вопросы для самоподготовки**

* **Определение и назначение отжига**
* **Определение и назначение закалки**
* **Режимы термической обработки**

**Для полного освоения теоретической части указанной темы необходимо использовать учебный материал электронной библиотеки (ЭБС) IPRBooks**

**Литература**

**Адреса сайтов (книг)**

**http://www.iprbookshop.ru/20129.html**

**http://www.iprbookshop.ru/epd-reader?publicationId=34726**

**Отжиг**

Отжигом называют термообработку, в результате которой в сплаве получают равновесную структуру. Существует несколько видов этой операции, но все они включают нагрев до температуры, зависящей от марки стали, выдержку и охлаждение с небольшой скоростью. Назначение отжига стали – снижение внутренних напряжений и повышение пластичности, сопровождаемые некоторым уменьшением прочности.

**Виды отжига стали первого рода**

Для такой термообработки не характерны фазовые превращения. Выделяют несколько типов технологий отжига первого рода.

*Гомогенизация*

Этот вид отжига направлен на снижение химической неоднородности, возникающей в результате рекристаллизации.

*Определение!*Рекристаллизацией называют процесс появления новых (чаще всего равноосных) зерен за счет других фаз. Этот процесс особенно интенсивно проходит в пластически деформированных материалах.

Гомогенизация производится при высоких температурах с длительными выдержками: от 2-х до 48 часов. После этого сталь приобретает повышенные пластические свойства.

*Рекристаллизационный отжиг*

Изготовление проката способом холодной прокатки является причиной вытягивания зерен в направлении главной деформации. В результате этого появляется наклеп (нагартовка).

*Определение!* Наклепом (нагартовкой) называют упрочнение стали из-за трансформации структуры в процессе пластического деформирования при температурах менее температуры рекристаллизации.

Если сталь, для которой уже характерен наклеп, подвергать дальнейшему деформированию, она разрушится. Поэтому для ликвидации этого эффекта применяют рекристаллизационный отжиг, режим которого определяется химическим составом сплава, нагрев в этом случае производится выше температур рекристаллизации. Начальные температуры рекристаллизации составляют:

* для чистых металлов – 0,4Тпл,
* для обычных сплавов – 0,6Тпл,
* для сложных термопрочных сплавов – 0,8Тпл.

Время отжига определяется геометрией изделия и составляет обычно от получаса до двух часов. Во время этой термообработки происходит:

* появление зародышей новых зерен;
* рост новых зерен;
* исчезновение деформированных зерен;
* устранение наклепа;
* возврат металла в равновесное состояние.

*Внимание!*Размер зерна после отжига зависит от степени деформации, которой был подвергнут прокат. Если она приближалась к критической, то зерна после отжига будут крупными, что крайне нежелательно. Поэтому степень деформации перед термообработкой не должна превышать 60%. После рекристаллизационного отжига образуется мелкозернистая однофазная структура, обеспечивающая оптимальное сочетание прочности и пластичности.

Эта термическая обработка может быть:

* предварительной – перед холодным деформированием, если исходная сталь уже обладает некоторой степенью упрочнения;
* промежуточной – используется между операциями холодной прокатки, если суммарная степень деформаций слишком велика и есть вероятность, что запасов пластичности стали может не хватить;
* окончательной – если в результате должен получиться полуфабрикат с высокой степенью пластичности.

*Отжиг для снятия внутренних напряжений*

Эти напряжения могут быть:

* термическими – образованными во время неравномерного нагрева или охлаждения с различной скоростью отдельных элементов изделия, после сварки, литья, механообработки;
* структурными – появившимися в результате фазовых превращений, которые реализовались в различных частях металла с разной скоростью.

Внутренние напряжения при эксплуатации детали могут превысить предел прочности и стать причиной разрушения. Отжиг, позволяющий избежать негативных последствий, осуществляется при температурах ниже температуры кристаллизации и составляющих 0,2-0,3Тпл.

**Режимы отжига второго рода**

Этот вид термообработки предназначен для образования равновесной структуры в металлах и сплавах путем фазовых превращений. В данном случае происходит как частичная, так и полная замена начальной структуры.

Такой вид отжига разделяют на полный и неполный:

* при полном происходит общая рекристаллизация;
* при неполном – частично сохраняется исходная структура, неполный отжиг широко востребован для заэвтектоидных (содержащих более 0,8% углерода) углеродистых и нержавеющих сталей.

Патентирование является специфическим процессом, но по характеру фазовых превращений его можно отнести к отжигу второго рода. Этот вид изотермической обработки применяется для получения высококачественной канатной, пружинной и рояльной проволоки с содержанием углерода 0,45-0,8%. Проволока при патентировании проходит следующие этапы:

* нагрев в проходной печи;
* пропуск через соляную или свинцовую ванну, температура которой – 450-550°C;
* намотку на приводной барабан.

В результате этих операций образуется структура тонкопластинчатого троостита или сорбита. Эти микроструктуры позволяют получать при волочении степень обжатия более 75%.

**Закалка**

Закалка стали – это процесс термообработки, суть которого заключается в нагреве стали до температуры выше критической с последующим быстрым охлаждением. В результате этой операции повышаются твердость и прочность стали, а пластичность снижается. При нагреве и охлаждении сталей происходит перестройка атомной решетки. Критические значения температур у разных марок сталей неодинаковы: они зависят от содержания углерода и легирующих примесей, а также от скорости нагрева и охлаждения. После закалки сталь становится хрупкой и твердой. Поверхностный слой изделий при нагреве в термических печах покрывается окалиной и обезуглероживается тем более, чем выше температура нагрева и время выдержки в печи. Если детали имеют малый припуск для дальнейшей обработки, то брак этот является неисправимым. Режимы закалки закалки стали зависят от ее состава и технических требований к изделию. Охлаждать детали при закалке следует быстро, чтобы аустенит не успел превратиться в структуры промежуточные (сорбит или троостит). Необходимая скорость охлаждения обеспечивается посредством выбора охлаждающей среды. При этом чрезмерно быстрое охлаждение приводит к появлению трещин или короблению изделия. Чтобы этого избежать, в интервале температур от 300 до 200 градусов скорость охлаждения надо замедлять, применяя для этого комбинированные методы закалки. Большое значение для уменьшения коробления изделия имеет способ погружения детали в охлаждающую среду. Нагрев металла Все способы закалки стали состоят из: нагрева стали; последующей выдержки для достижения сквозного прогрева изделия и завершения структурных превращений; охлаждения с определенной скоростью. Изделия из углеродистой стали нагревают в камерных печах. Предварительный подогрев в этом случае не требуется, так как эти марки сталей не подвергаются растрескиванию или короблению. Сложные изделия (например, инструмент, имеющий выступающие тонкие грани или резкие переходы) предварительно подогревают: в соляных ваннах путем двух-или трехкратного погружения на 2 – 4 секунды; в отдельных печах до температуры 400 – 500 градусов по Цельсию. Нагрев всех частей изделия должен протекать равномерно. Если это невозможно обеспечить за один прием (крупные поковки), то делаются две выдержки для сквозного прогрева. Если в печь помещается только одна деталь, то время нагрева сокращается. Так, например, одна дисковая фреза толщиной 24 мм нагревается в течение 13 минут, а десять таких изделий – в течение 18 минут. Защита изделия от окалины и обезуглероживания Для изделий, поверхности которых после термообработки не шлифуются, выгорание углерода и образование окалины недопустимо. Защищают поверхности от подобного брака применением защитных газов, подаваемых в полость электропечи. Разумеется, такой прием возможен только в специальных герметизированных печах. Источником подаваемого в зону нагрева газа служат генераторы защитного газа. Они могут работать на метане, аммиаке и других углеводородных газах. Если защитная атмосфера отсутствует, то изделия перед нагревом упаковывают в тару и засыпают отработанным карбюризатором, чугунной стружкой (термисту следует знать, что древесный уголь не защищает инструментальные стали от обезуглероживания). Чтобы в тару не попадал воздух, ее обмазывают глиной. Соляные ванны при нагреве не дают металлу окисляться, но от обезуглероживания не защищают. Поэтому на производстве их раскисляют не менее двух раз в смену бурой, кровяной солью или борной кислотой. Соляные ванны, работающие на температурах 760 – 1000 градусов Цельсия, весьма эффективно раскисляются древесным углем. Для этого стакан, имеющий множество отверстий по всей поверхности, наполняют просушенным углем древесным, закрывают крышкой (чтобы уголь не всплыл) и после подогрева опускают на дно соляной ванны. Сначала появляется значительное количество языков пламени, затем оно уменьшается. Если в течение смены таким способом трижды раскислять ванну, то нагреваемые изделия будут полностью защищены от обезуглероживания. Степень раскисления соляных ванн проверяется очень просто: обычное лезвие, нагретое в ванне в течение 5 – 7 минут в качественно раскисленной ванне и закаленное в воде, будет ломаться, а не гнуться. Охлаждающие жидкости Основной охлаждающей жидкостью для стали является вода. Если в воду добавить небольшое количество солей или мыла, то скорость охлаждения изменится. Поэтому ни в коем случае нельзя использовать закалочный бак для посторонних целей (например, для мытья рук). Для достижения одинаковой твердости на закаленной поверхности необходимо поддерживать температуру охлаждающей жидкости 20 – 30 градусов. Не следует часто менять воду в баке. Совершенно недопустимо охлаждать изделие в проточной воде. Недостатком водяной закалки является образование трещин и коробления. Поэтому таким методом закаливают изделия только несложной формы или цементированные. При закалке изделий сложной конфигурации из конструкционной стали применяется пятидесятипроцентный раствор соды каустической (холодный или подогретый до 50 – 60 градусов). Детали, нагретые в соляной ванне и закаленные в этом растворе, получаются светлыми. Нельзя допускать, чтобы температура раствора превышала 60 градусов. Режимы Пары, образующиеся при закалке в растворе каустика, вредны для человека, поэтому закалочную ванну обязательно оборудуют вытяжной вентиляцией. Закалку легированной стали производят в минеральных маслах. Кстати, тонкие изделия из углеродистой стали также проводят в масле. Главное преимущество масляных ванн заключается в том, что скорость охлаждения не зависит от температуры масла: при температуре 20 градусов и 150 градусов изделие будет охлаждаться с одинаковой скоростью. Следует остерегаться попадания воды в масляную ванну, так как это может привести к растрескиванию изделия. Что интересно: в масле, разогретом до температуры выше 100 градусов, попадание воды не приводит к появлению трещин в металле. Недостатком масляной ванны является: выделение вредных газов при закалке; образование налета на изделии; склонность масла к воспламеняемости; постепенное ухудшение закаливающей способности. Стали с устойчивым аустенитом (например, Х12М) можно охлаждать воздухом, который подают компрессором или вентилятором. При этом важно не допускать попадания в воздухопровод воды: это может привести к образованию трещин на изделии. Ступенчатая закалка выполняется в горячем масле, расплавленных щелочах, солях легкоплавких. Прерывистая закалка сталей в двух охлаждающих средах применяется для обработки сложных деталей, изготовленных из углеродистых сталей. Сначала их охлаждают в воде до температуры 250 – 200 градусов, а затем в масле. Изделие выдерживается в воде не более 1 – 2 секунд на каждые 5 – 6 мм толщины. Если время выдержки в воде увеличить, то на изделии неизбежно появятся трещины. Перенос детали из воды в масло следует выполнять очень быстро.