



МЕТОДЫ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ НЕРЖАВЕЮЩИХ СТАЛЕЙ

Турахаджаев Нодир Джахонгирович¹, Баракаев
Фахриддин Нажмиддинович²

¹д.т.н, профессор;

им. И.А.Каримов Ташкентский государственный технический
университет,²докторант Бухарский инженерно-
технологический институт

<https://doi.org/10.5281/zenodo.5776863>

ИСТОРИЯ СТАТЬИ

Принято: 01 декабрь 2021 г.

Утверждено: 05 декабрь 2021 г.

Опубликовано: 10 декабрь 2021 г.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

термическая обработка,
закалка материала,
отпуск, отжиг металла,
нормализация,
нержавеющей стали,
химическая обработка.

Термическая обработка нержавеющей стали позволяет оказать влияние на свойства материала и изделий из него. С учетом температуры нагрева и метода дальнейшего охлаждения можно выделить несколько видов термообработки:

закалка материала

отпуск

отжиг металла

Данные операции изменяют структуру нержавеющей стали, сохраняя при этом ее химический состав. В результате подобной обработки нержавеющая сталь меняет свои качества, что и является конечной целью проведения данной процедуры.

Закалка нержавеющей стали предусматривает доведение материала до критического уровня нагрева. Конкретный температурный режим

АННОТАЦИЯ

В статье даны рекомендации по способам термической обработки нержавеющей стали и порядку их выполнения, их коррозионной стойкости, повышению жаропрочности, применению нержавеющей стали.

определяется составом материала и особенностями его дальнейшего использования. Процедура закалки металла завершается его достаточно резким охлаждением с применением воздуха, щелочных, кислотных растворов либо различных солей.

Отжиг проводится с целью понижения параметров твердости нержавеющей стали, благодаря чему он приобретает пластичность. Термообработка данным способом проводится в специальной печи с неизменным соблюдением определенного температурного режима. По завершении процессов накаливания и выдержки продукция оставляется в такой печи до ее полного остывания.

Отпуск нержавеющей стали проводится в электропечах, сконструированных соответствующим образом. Данный вид



термообработки нержавеющей стали призван устранить и предотвратить различные дефекты данного металла.

Термическая обработка нержавеющей стали выступает одной из самых распространенных методик улучшения качества данного материала. Высокотемпературная термообработка позволяет придать большую прочность сортовому прокату. Это дает возможность применять выполненные из него изделия в различных промышленных отраслях: строительстве трубопроводов, химической промышленности и т.п. Проведение соответствующей термообработки нержавеющей стали обеспечивает увеличение срока службы изготавливаемых из нее деталей и оборудования, а также улучшение их эксплуатационных параметров.

Для достижения различных структур металла используются различные методики проведения термообработки.

Основными видами термической обработки являются:

- Отжиг;
- Закалка;
- Нормализация;
- Отпуск;
- Криогенная обработка.

Для того чтобы получить равновесную структуру стали, используют такой вид термообработки металлов, как отжиг 1-го рода. Сюда можно отнести такие подвиды термообработки металлов, как гомогенизация, рекристаллизация и снятие напряжений. Этот отжиг не влияет на внешние превращения, а лишь делает структуру металла равномерной и правильной.

Нормализация представляет собой тот же отжиг, но с небольшим нюансом. Если после отжига изделие остывает медленно в печи, то при нормализации изделие извлекают из печи, и оно охлаждается уже на воздухе.

Криогенная обработка проводится при охлаждении материала до отметок самых низких температур, так называемых сверхнизких показателей. Точкой отсчета сверхнизких температур считается отметка в -153 градуса.

К термообработке можно привести массу положительных показателей, самыми основными преимуществами проведения подобных процессов являются:

- Повышение износостойкости материалов и сплавов;
- Уменьшение бракованных деталей машин и инструментов;
- Экономия на новых деталях на производстве за счет повышения прочностных характеристик сплавов, используемых для этих деталей.

Среди основного оборудования для проведения термической обработки металлов выделяют печи, позволяющие нагревать изделия до высоких температур. Эти печи имеют разную мощность и на производстве используются для разных металлов, так как для каждого металла необходима своя температура термообработки.

Термическая обработка стали – это процесс температурного воздействия на материал. Он позволяет поменять размеры зерен внутри металла, то есть изменить его характеристики, улучшить. При обработке применяется сразу несколько методов. Металл нагревают, выдерживают при определенной температуре и



равномерно охлаждают. Делать это можно на разных этапах, как с заготовками, так и с уже готовыми изделиями.

Метод используется для достижения следующих целей: значительное увеличение прочности и износостойкости, защита материала от последующего воздействия высоких температур, снижение риска появления коррозии, устранение внутреннего напряжения в заготовках, подготовка материала к последующей обработке, увеличение его пластичности. Решение о выборе способа термической обработки применяется на основании анализа стоящей задачи, а также особенностей марки стали. Можно использовать материалы любого качества.

Сталь должна соответствовать трем основным требованиям:

1. Относиться к категории инструментальных, конструкционных или специальных;

2. Быть по составу легированной или углеродистой;
3. Содержать не более 0,25% углерода для низкоуглеродистых сплавов и менее 0,7 % для высокоуглеродистых.

Отжиг металла включает в себя нагревание до определенной температуры, затем выдержку и обработку при той же заданной температуре и постепенное охлаждение. Такая процедура необходима для получения максимально эластичных свойств металла, а также получения полноценной, равновесной структуры и снижения первоначальных прочностных характеристик. Таким образом, процедура бывает двух родов. В первом случае обработка металла не несет в себе каких-либо существенных структурных потерь, во втором отжиг направлен на создание определенных свойств, на всех этапах и видах отжига остановимся подробнее далее в статье (Рис. 1).



Рис. 1. Отжиг нержавеющей стали

Гомогенизация стали – способ температурной обработки, при котором уменьшается химическая

неоднородность металлических свойств. Так как полностью избавиться от неоднородности химического состава



металла невозможно, приходится уменьшать ее с помощью специального этапа отжига. В течении длительного периода металл держат при высокой температуре, это способствует максимально высокому движению атомов кристаллической решетки, за счет чего (обычно в диапазоне 48-62 часов) химическая неоднородность выравнивается до необходимых норм.

Рекристаллизация – еще один способ обработки металла, при котором происходит его нагрев до высоких температур (выше температуры начала кристаллизации), а затем медленное и продолжительное охлаждение. Продолжительность подобной процедуры зависит от типа металла, его размеров и изначальных свойств. Как правило, среднее время рекристаллизации равно 2-2,5 часам. В результате такого отжига увеличивается пластичность металла и уменьшается его прочность, кроме того, это необходимо для предотвращения наклепа или нагартовки, которые ведут к полному разрушению металлических свойств.

Таким образом, внутренние напряжения, которые создаются в различных частях сплава, могут в итоге

влиять на прочность нержавеющей стали и приводить к деформации и нарушению допустимых пределов использования. Снятие напряжения проводят при температурах существенно ниже порога начала кристаллизации, что обеспечивает равномерное распределение внутренней разрядки в металле. При обычной температуре добиться нормализации напряжения можно лишь за очень долгий промежуток времени.

В отличии от процесса первого рода, в данном случае удается добиться полного изменения структурных свойств металлического сплава. При этом специалисты в термообработке различают два вида отжига второго рода – полный и частичный. Закалка – вид термической обработки, при котором сплав получает неравновесную структуру и максимально прочные свойства. При закалке происходит равномерное нагревание до высоких температур, затем обработка стали при этих же температурах и резкое, почти мгновенное охлаждение металла. Закалка может также быть двух видов – с полиморфным превращением и без такового.



Рис. 2. Закалка металла виды и технологии.

В первом случае металл при обработке нагревается до температуры,



при которой происходит замена типа кристаллической решетки на нужную в одном из основных [легирующих элементов](#) сплава. Во втором обработке подвергается металлический сплав с органическим сочетанием легирующих элементов одного в другом. *Иногда подобный процесс также называется старением, и необходим он для получения равновесия в структуре сплава и необходимого уровня свойств.*

Отпуск металлического сплава – еще один вид термообработки, который направлен на уменьшение напряжения с полиморфным превращением. Этот процесс необходим для придания металлу оптимального сочетания свойств пластичности и прочности. Различают четыре этапа в процессе отпуска, которые направлены на создание естественного или искусственного старения металла. Эти факторы напрямую влияют на характеристики прочности и твердости.

Химическая обработка представляет собой одновременное воздействие на металл температуры среды и химических свойств с тем, чтобы влиять на поверхность детали. Как правило это либо повышение антикоррозионной защиты поверхности, либо создание специальных слоев, например, дополнительных износостойких или антифрикционных возможностей металла. При термомеханической процедуре происходит одновременная деформация и термическая [обработка металла](#) (например, ковка, закалка), что также влияет на конечные свойства металла, причем при термообработке можно добиться существенно лучших показателей, чем при обработке

металла двумя способами по отдельности.

Чтобы повысить стойкость металлического сплава к коррозии межкристалльного типа, необходимо добавить дополнительные легирующие элементы в процессе термической обработки. Наиболее эффективными элементами в данном случае выступают Cr и Ni – свинец и никель соответственно. В процессе обработки антикоррозионная защита стали включает в себя такие виды работ, как:

1. Снижение содержание кристаллов азота и углерода в составе;
2. Введение дополнительных элементов (титан, свинец);
3. Отжиг металла;
4. Уменьшение времени охлаждения при термической обработке.

Самые распространенные и массово применяемые виды стали – хромистые. В них нет полиморфных превращений, что упрощает процесс их обработки. Поэтому чаще всего обработка таких сталей сводится либо к смягчению (отжиг) либо к упрочнению материала (закалка). Температура при этом выбирается в зависимости от желания производителя получить те или иные свойства в доминирующем виде. Температура в первом случае не должна превышать 900 градусов, а закалка и отпуск проводятся в печи при оптимальных температурах нагрева до 650 градусов.

Таким образом, термообработка стали является самым распространенным способом улучшения свойств сплава и придания ему необходимой формы и содержания.



Изделия после термообработки применяются в различных областях строительства и промышленности. Кроме того, с ее помощью можно добиться увеличения срока службы стальной конструкции (антикоррозийное покрытие, механическая обработка). В зависимости от типа обработки и состава сплава различают и различные маркировки стали, по которым можно определить способ, которым она была обработана.

В последнее время в связи с резким ростом цен на никель на рынок активно продвигаются **нержавеющие стали легированные хромом, никелем и марганцем**. Эти стали разработаны как **альтернатива хромо-никелевым сталям группы 300**, особенно сталям AISI 304/304L (08X18H9). Основными производителями данных сталей являются Индия, Китай и Япония. **Стали группы 200 разработаны только для определенной сферы применения**. Такие стали содержат хром (15.5%-19%), никель (1.0%-5%), марганец (3.0%-10.0%) и, некоторые стали, медь. В отожженном состоянии такие стали **сохраняют аустенитную структуру** (свойственную хромо-никелевым

сталям группы 300), **высокую прочность, формуемость и свариваемость**. **Коррозионная стойкость в умеренно агрессивной среде — хорошая**. В специальной литературе отмечается, что марганцевый аустенит значительно сильнее подвержен деформационному упрочнению, чем никелевый, то есть при механической обработке (деформации) такие стали упрочняются значительно сильнее, чем стали группы 300. Рекомендуемые сферы применения: кухонная посуда, кухонные приборы, сушилки для стиральных машин, посудомоечные машины, мебель, телефонные будки, автомобильные аксессуары (в странах, где не применяются противогололедные реагенты), кузова, вагоны, упаковочное оборудование, корпуса оборудования для производства алкоголя (не спирта) и безалкогольных напитков, резервуары для холодной и горячей воды. Вместе с тем, **стали группы 200 не рекомендуют использовать для наружного применения (внешний дизайн), а также для производства резервуаров для хранения кислот и других агрессивных веществ**.

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Легированные нержавеющие стали и сплавы коррозионно-стойкие, жаростойкие и жаропрочные. Межгосударственный стандарт. ГОСТ 5632-2014/
2. Материаловедение и технология конструкционных материалов. Учебное пособие. Часть 1. Материаловедение. Стандарт третьего поколения / В.М. Александров. – Архангельск: Северный (Арктический) федеральный университет, 2015. – 327 с.



3. Гуляев А.П., Гуляев А.А. *Металловедение: Учебник для вузов. 7-е изд., перераб. и доп.* М.: ИД Альянс, 2011. – 644 с.
4. Арзамасов В.Б. *Материаловедение: учебник для студентов высших учебных заведений / В.Б. Арзамасов, А.А. Черепяхин.* – М.: Издательство «Экзамен», 2009. – 350 с.
5. Солнцев Ю.П., Пряхин У.И. *Материаловедение: Учебник для вузов.* Химиздат, 2007. – 784 с.
6. Арзамасов Б.Н., Макарова В.И., Мухин Г.Г., Рыжов Н.М., Силаева В.И. *Материаловедение: Учебник для вузов.* МГТУ имени Н.Э. Баумана, 2008. – 648 с.
7. Стерин И.С. *Машиностроительные материалы. Основы металловедения и термической обработки / Учебное пособие.* – СПб.: Политехника, 2003. – 344 с.
8. Богодухов С.И. *Курс материаловедения в вопросах и ответах: Учеб. Пособие для ВУЗов.* – М.: Машиностроение, 2003. – 255 с.
9. Колесник П.А., Кланица В.С. *Материаловедение на автомобильном транспорте. Учебник для ВУЗов.* АСАДЕМА. Москва, 2005.