

- исследование физических процессов и явлений, происходящих при вакуумном тушении пожаров, таких как динамика потока, теплообмен, химические реакции и токсичность продуктов сгорания;
- оценка эффективности и безопасности вакуумного тушения пожаров для различных типов и масштабов пожаров, а также сравнение с другими методами тушения пожаров;
- разработка стандартов, нормативов и регламентов для использования вакуумного тушения пожаров в различных областях применения.

Необходимо проводить дальнейшие научные исследования и разработки в области вакуумного тушения пожаров, а также осуществлять широкую информационную и образовательную работу по повышению эффективности и доступности этого метода.

Список использованных источников

1. Пожаротушение [Электронный ресурс] // Википедия. – 2022. – Режим доступа : <https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D0%BE%D0%B6%D0%B0%D1%80%D0%BE%D1%82%D1%83%D1%88%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5>.
2. Средства пожаротушения, их виды и применение [Электронный ресурс] // ООО «ИСП». – Режим доступа: <https://zarya.one/blog/sredstva-pozharotusheniya/>.
3. Вакуумное оборудование: применение, примеры [Электронный ресурс] // Химия-Экспо. – Режим доступа: <https://www.chemistry-expo.ru/ru/articles/2016/vakuumnoe-oborudovanie/>.

УДК 672.793.74

Комбинированные методы обработки аустенитных сталей

Кожеуров П. С., студент

Белорусский национальный технический университет

Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: д. т. н., профессор Иващенко С. А.

Аннотация.

В статье представлен обзор литературы про методы обработки аустенитных сталей.

Хромоникелевые стали при комнатной температуре после закалки с 1050 °С имеют однофазную структуру с ГЦК решеткой. Полученный с помощью резкого охлаждения аустенит хромоникелевых сталей оказывается не вполне стабильным. Под действием отрицательных температур, пластической деформации, ультразвука, магнитного поля, нейтронного облучения и других факторов стали испытывают фазовый переход мартенситного типа, в результате чего образуется мартенсит с СЦК решеткой [6]. На инициировании процесса мартенситного превращения основан ряд комбинированных методов упрочнения деталей из аустенитных сталей.

В литературе имеются противоречивые сведения о влиянии ультразвука на мартенситное превращение в сталях и сплавах. В работе [11] показано торможение мартенситного превращения в стали X18H10T при пластической деформации в ультразвуковом поле, но не рассмотрены причины этого явления. Как отмечает В. С. Биронт [1], ультразвуковая обработка влияет на структурные и фазовые превращения в металлах и сплавах, определяя в ряде случаев механизм и кинетику этих превращений. В работе [2] изучалось влияние низкотемпературной ультразвуковой обработки стали 12X18H10T на физические свойства, характеризующие развитие мартенситного превращения, в частности намагниченность насыщения. Получено качественное подтверждение влияния ультразвуковой обработки при отрицательных температурах на мартенситное превращение в аустенитных хромоникелевых сталях. Сначала образцы закачивали при температуре 1080 ± 5 °С, затем обрабатывали ультразвуком при температуре минус 196 °С в холодильной камере в среде жидкого азота. Для сравнения закаленные образцы охлаждали до минус 196 °С без ультразвукового воздействия, а такие обрабатывали ультразвуком при комнатной температуре. Было отмечено, что в закаленном состоянии сталь 12X18H10T практически немагнитна. Охлаждение закаленных образцов до температуры минус 196 °С без ультразвуковой обработки, а также ультразвуковая обработка образцов при комнатной температуре значение намагниченности насыщения изменяют незначительно. Это свидетельствует об отсутствии мартенситного превращения. При продолжительности низкотемпературной ультразвуковой обработки, закаленной стали 12X18H10T до 30 минут намагниченность насыщения увеличивается до 6×10^{-2} Тл.

Таким образом, ультразвуковые колебания, вызывая образование мартенсита в температурных условиях, которые не обеспечивают заметного развития мартенситного превращения без ультразвукового воздействия, способствуют повышению мартенситной точки аналогично влиянию пластической деформации при отрицательных температурах.

Магнитное поле интенсифицирует аустенитно-мартенситное превращение [3, 4] в сталях и оказывает влияние на их микроструктуру и механические свойства. Основные исследования по определению влияния магнитного поля на мартенситные превращения в хромоникелевых сталях проведены В. Д. Садовским и И. Г. Факидовым с сотрудниками. Иницилирующее влияние магнитного поля на мартенситное превращение состоит в том, что достаточно сильное поле смещает мартенситную точку и весь интервал превращения в сторону более высоких температур. Величина этого смещения пропорциональна напряженности поля [10]. И. Г. Факидов с сотрудниками показал, что под действием сильного импульсного магнитного поля происходит значительное возрастание свободной энергии системы, состоящей из локально-упорядоченных однодоменных ферромагнитных областей (кластеров) малого объема, в результате чего происходит $\gamma \rightarrow \alpha$ превращение.

Способы термомеханико-магнитной обработки, рассмотренные в работах [8, 9], сочетают в себе пластическую деформацию и термомагнитную обработку в сильных полях.

Новый принцип получения благоприятного сочетания прочностных и пластических свойств для сталей различных структурных классов предложен в работе [7]. Сущность его заключается в совмещении общего и локального воздействия на металл, вызывающего структурные и фазовые превращения, в результате чего может быть получена структура с чередующимся расположением прочных и пластичных структурных составляющих. Авторы назвали такую обработку дифференцированной.

Дифференцированная обработка осуществляется с использованием магнитного поля, радиации, лазерного луча, электронного пучка, температурного воздействия, пластической деформации, их сочетания в другой последовательности.

Для некоторых немагнитных сталей, у которых сердцевина должна обладать высокой вязкостью, а поверхностный слой - высокой прочностью, эффективной упрочняющей обработкой является высокоскоростной нагрев поверхности при температуре 1240 °С с интенсивным водяным охлаждением. В результате вдоль поперечного сечения формируется благоприятная эпюра остаточных напряжений (сжатие на поверхности и растяжение в сердцевине) [5].

Отличительной особенностью рассматриваемых комбинированных методов упрочнения аустенитных сталей – это инициирование процесса мартенситного превращения в сталях, что приводит к ухудшению коррозионной стойкости этих сталей и потере их парамагнитных свойств. Кроме того, все рассмотренные комбинированные методы упрочнения являются трудоемкими и пока широко не применяются в промышленности.

Анализ методов упрочнения деталей со специальными свойствами показывает, что использование таких методов не всегда обеспечивает требуемых показателей качества деталей.

Стали, упрочненные фазовым наклепом и дисперсионным твердением не устойчивы к коррозии, хотя и обладают высокой прочностью. Добавление хрома в состав этих сталей в количестве более 4 % приводит к потере прочностных характеристик деталей в результате образования карбидов типа $Cr_{23}C_6$.

ТМО приводит к определенному повышению прочности сталей и улучшению шероховатости поверхностного слоя деталей, в то время как упрочнение аустенитных сталей методами ТМО сопровождается процессом мартенситного превращения, в результате которого коррозионная стойкость и немагнитность сталей ухудшаются из-за образования – α -фазы. Кроме того, этот тип закалки не обеспечивает достаточной твердости поверхностных слоев деталей.

Упрочнение сталей азотированием связано с определенными трудностями. Эффективное упрочнение дисперсионно-твердеющих сталей возможно лишь при мелкозернистой структуре сталей и низком (до 3 %) содержании хрома. Азотирование хромоникелевых сталей приводит к снижению их коррозионной стойкости и повышению магнитной проницаемости, кроме того, оно не дает ожидаемого эффекта из-за небольшой толщины слоя и «мягкой» основы под ним. Деформационное упрочнение аустенитных сталей наиболее эффек-

тивно при условии протекания в процессе упрочнения $\gamma \rightarrow \alpha$ -превращений, что, однако, ухудшает антикоррозионные и немагнитные свойства сталей. Применение этих методов упрочнения неэффективно для нежестких цилиндрических и плоских деталей. Кроме того, пластическое деформирование поверхностного слоя деталей из аустенитных сталей не обеспечивает требуемой твердости и шероховатости их рабочих поверхностей, что неприемлемо для упрочнения, например, прецизионных деталей.

Упрочнение сталей со специальными свойствами путем нанесения покрытий является, на наш взгляд, наиболее перспективным методом, поскольку позволяет в самых широких пределах изменять показатели качества упрочняемых деталей и повышать их износостойкость при соответствующем подборе материалов основы и покрытия. Недостатками метода являются необходимость удаления окисной пленки с поверхности деталей перед нанесением покрытий и образование в покрытиях значительных остаточных напряжений, что может привести к короблению нежестких деталей с покрытием или к повреждению покрытий.

Вопрос улучшения параметров качества и износостойкости деталей машин, воспринимающих значительные контактные нагрузки и обладающих специальными свойствами: коррозионной стойкостью, немагнитностью, вакуумной плотностью, теплостойкостью, полностью не решен. Материалы, обладающие перечисленными свойствами, имеют, как правило, низкую твердость, а применяемые методы упрочнения не обеспечивают значительного повышения твердости при сохранении специальных свойств деталей. Для упрочнения деталей следует применить метод, который обеспечит создание на рабочей поверхности детали износостойкий слой, удовлетворяющий по своим основным физико-механическим свойствам вышеперечисленным требованиям, при сохранении специальных свойств основы деталей.

Список использованных источников

1. Биронт В. С. Применение ультразвука при термической обработке металлов. – М.: Металлургия, 1977. – 168 с.

2. Биронт В. С. Влияние низкотемпературной ультразвуковой обработки на свойствах стали 12Х18Н10Т / В. С. Биронт, В. А. Суших, Ф. К. Сидоров // *Металловедение и термическая обработка металлов*. – 1980. – № 2. – С. 47–48.
3. Береснев, Б. И. Пластичность и прочность твердых тел при высоких давлениях / Б. И. Береснев [и др.]. – М.: Наука, 1970. – 162 с.
4. Бернштейн М. Л. Термо-механико-магнитная обработка металлов и сплавов / М. Л. Бернштейн // *Металловедение и термическая обработка металлов*. – 1960. – № 10. – С. 31–36.
5. Банных О. А., Дисперсионно-твердеющие немагнитные ваннайсодержащие стали / О. А. Банных, В. М. Блинов. – М.: Наука, 1980. – 190 с.
6. Коломбье, Л. Нержавеющие и жаропрочные стали / Л. Коломбье, И. Гохман. – М., ГОНТИ, 1958. – 479 с.
7. Малинов, Л. С. Получение высоких прочностных и пластических свойств двухфазной стали дифференцированной обработкой / Л. С. Малинов [и др.] // *Металловедение и термическая обработка металлов*. – 1980. – № 8. – С. 32–35.
8. Пустовойт, В. Н. О влиянии постоянного магнитного поля на мартенситное превращение в чугунах / В. Н. Пустовойт. – *Металловедение и термическая обработка металлов*. – 1975. – № 12. – С. 40–42.
9. Садовский, В. Д. К вопросу о влиянии магнитного поля на мартенситное превращение в стали / В. Д. Садовский [и др.] // *Физика металлов и металловедение*. – 1961. – Т. 12, вып. 2. – С. 302–304.
10. Садовский, В. Д. Термо-механико-магнитная обработка метастабильных аустенитных сталей // В. Д. Садовский [и др.] // *Физика металлов и металловедение*. – 1976. – Т. 41, вып. 1. – С. 144–158.
11. Северденко, В. П. О торможении мартенситного превращения в стали Х18Н10Т при пластической деформации с наложением ультразвуковых колебаний : докл. АН БССР / В. П. Северденко, В. В. Петренко, С. И. Петренко. – 1970. – Т. 14. – С. 122–124.