

Оценка изменения качества стали при термической обработке путем сравнения коэффициента акустических потерь

Негров Д. А., Путинцев В. Ю., Сидоренко Д. Д., Лаврова И., Бондаренко А.В., Родькина Д. Д.

*Омский Государственный Технический Университет, г. Омска, Россия*

*В данной работе были проведены испытания стали 45, 30ХГСА, 5ХНМ, которые используются для производства ультразвукового инструмента. Рассмотрено влияние режимов термической обработки на коэффициент акустических потерь и структуру стали 30ХГСА.*

*Исследованы цилиндрические образцы резонансной длины из стали 30ХГСА после термической обработки. При температуре 500 °С коэффициент акустических потерь на 14 % меньше, чем после температуры отпуска 540 °С.*

*Ключевые слова: акустическая волна, амплитуда колебаний, затухание, закалка, отпуск.*

Ультразвук используют на предприятиях машиностроения и приборостроения для улучшения, а иногда и для абсолютно нового решения вопросов, связанных с ультразвуковой обработкой различных материалов. При помощи ультразвукового инструмента в обрабатываемом материале создается ультразвуковое поле, которое оказывает воздействие на него [1].

Ультразвуковая обработка позволяет существенно улучшить свойства обрабатываемых материалов путем высокоэнергетического воздействия и формирует в поверхностном слое градиентную микроструктуру, измельчая структуру и изменяя фазовый состав [2].

При распространении ультразвуковых волн в материале возникают акустические потери, которые приводят к уменьшению энергии, переносимой этими волнами. Амплитуда акустической волны уменьшается вдоль направления распространения энергии ультразвуковых колебаний. Этот процесс можно объяснить тем, что соседние частицы среды, колеблющиеся под воздействием акустической волны, движутся с различной скоростью и соприкасаются друг с другом, что затрудняет продвижение волны в материале.

Актуальной задачей является обеспечение необходимых свойств материала подбором соответствующих режимов термической обработки для уменьшения коэффициента акустических потерь.

Затухание энергии ультразвуковых колебаний в материале ультразвукового инструмента – один из важных акустических параметров. На потери влияют: структура материала, микротрещины различной величины, поры, неметаллические включения [3]. Для проведения испытаний

используется стенд для определения коэффициента акустических потерь в материале (рис. 1).

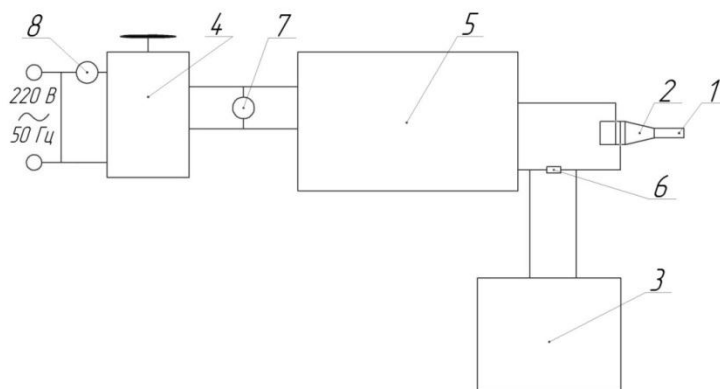


Рисунок 1 – Схема установки:

- 1 – образец; 2 – пьезокерамический излучатель; 3 – измерительный прибор (осциллограф);  
4 – автоматический трансформатор; 5 – ультразвуковой генератор

В режиме излучения ток, протекающий по входным цепям ультразвукового излучателя, может служить надежным информационным показателем о величине сопротивления потерь в инструменте. При распространения ультразвуковых волн в образце происходит затухание колебаний. В зависимости от структуры каждого материала, акустическое сопротивление потерь будет разным. Установка состоит из пьезокерамического преобразователя частотой 22 кГц. На него устанавливаются цилиндрические образцы резонансной длины диаметром 30 мм.

При использовании микрометра часового типа определяется амплитуда колебаний. Относительное сопротивление потерь рассчитывается по формуле:

$$R_{\text{отн}} = R_n / R_n + R_{\text{xx}} \quad (1)$$

где  $R_{\text{отн}}$  – относительное сопротивление потерь в материале;  $R_n$  – сопротивление потерь с образцом;  $R_{\text{xx}}$  – сопротивление потерь на холостом ходу.

Чтобы оценить акустические потери в материале, используемом для производства ультразвукового инструмента, были изготовлены цилиндрические образцы из стали 45, 30ХГСА, 5ХНМ с последующей термической обработкой (закалка в масле, высокий отпуск) [4].

На каждом образце производились измерения сопротивления потерь. Полученные данные относительного сопротивления потерь рассчитывали по формуле 1, для определения относительного сопротивления потерь в материале.

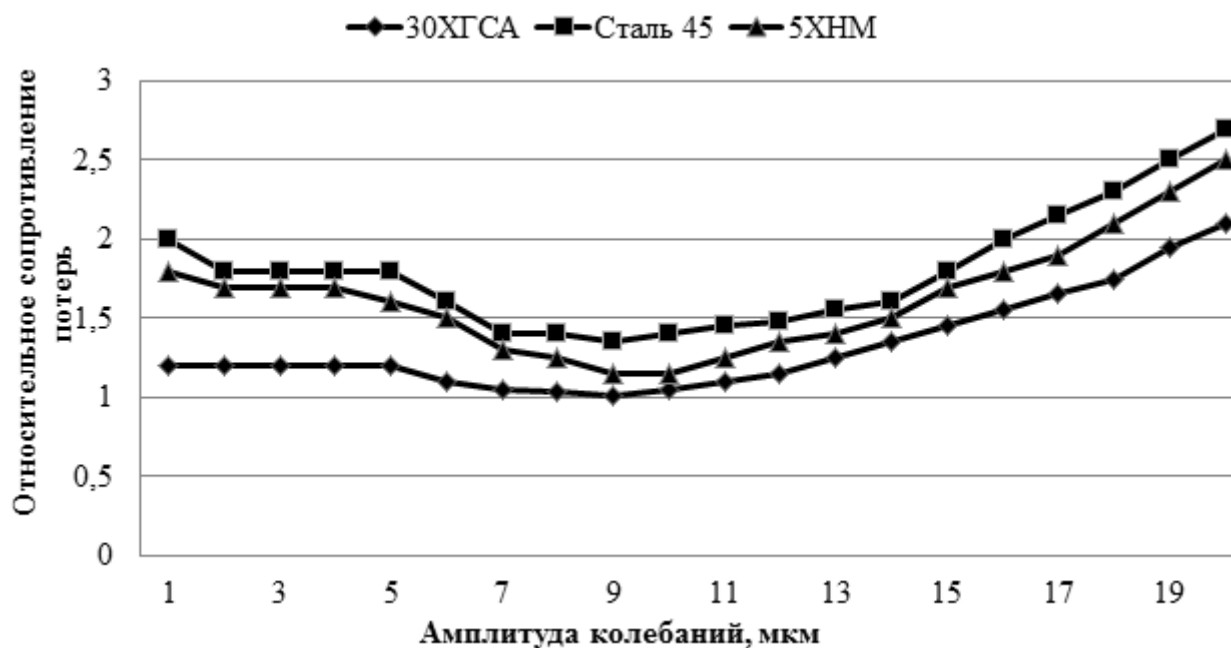


Рисунок 2 – Изменение уровня акустических потерь на образцах

На рисунке 2 представлен график, на котором показано изменение уровня акустических потерь в образцах, изготовленных из различных материалов в состоянии поставки.

Сравнительный анализ показал, что сталь 30ХГСА обладает наиболее высокими значениями относительного сопротивления потерь, при разных амплитудах колебаний в пределах от 1 до 20 мкм., по сравнению с остальными сталями.

Сталь 30ХГСА обладает вязкоупругими свойствами, низким декрементом затухания и высокой усталостной прочностью [5]. Далее образцы из стали 45 и 5ХНМ в работе не использовались.

Исследование, структуры образцов, было проведено с использованием микроскопа Lim 305. Структура стали 30ХГСА в состоянии поставки, изображена на рисунке 3.

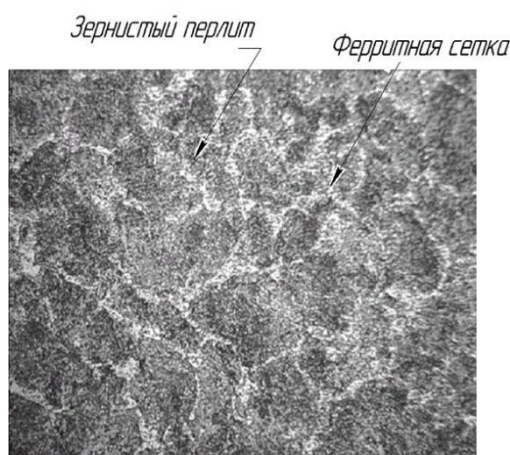


Рисунок 3 – Сталь 30ХГСА в состоянии поставки

После закалки повышаются такие свойства как прочность, твердость и понижается пластичность стали [6]. Отпуск проводился при температуре 500 °С и 540 °С, структура стали 30ХГСА приведена на рисунке 5.

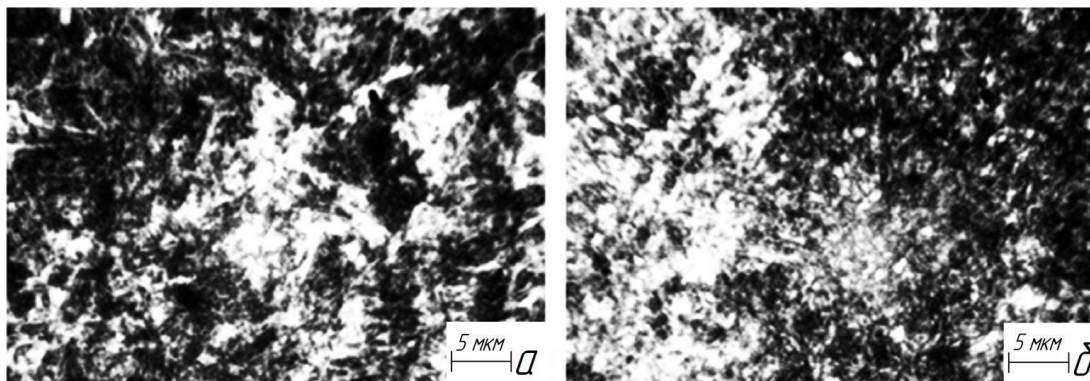


Рисунок 5 – Структура стали 30ХГСА:  
а) после отпуска от 540 °С – сорбит отпуска; б) после отпуска от 500 °С – тростит отпуска

На рисунке 6 приведены величины относительного сопротивления потерь образцов стали 30ХГСА после отпуска при 500 °С и 540 °С.

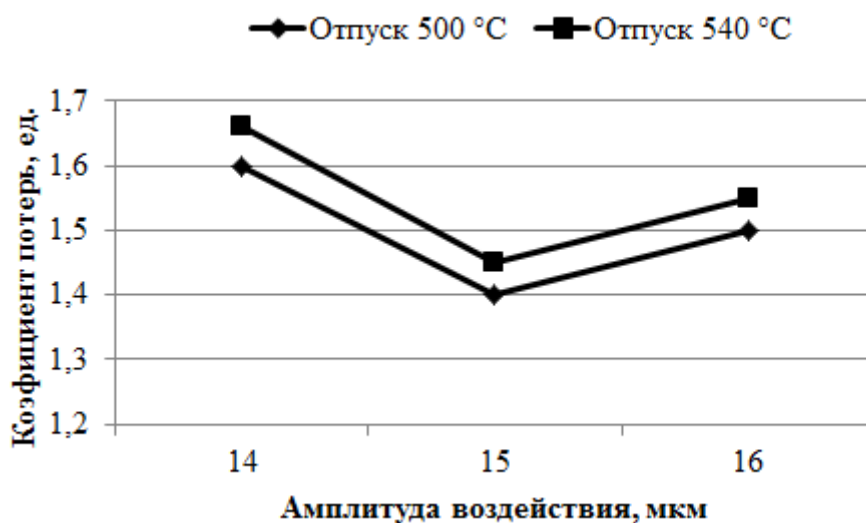


Рисунок 6 – График относительного сопротивления потерь после отпуска

Вследствие проведенных исследований образцов, изготовленных из стали 30ХГСА, установлено, что режимы термической обработки значительно влияют на коэффициент акустических потерь, который после отпуска образцов при 500 °С составляет 1,32 ед., что меньше на 14,28%, чем при отпуске с температурой 540 °С (1,54 ед.).

Определено влияние термической обработки на сталь 30ХГСА, что позволяет добиться минимальных акустических потерь и изменение структуры.

#### Библиографический список

1. Негров Д. А., Пантюхова К. Н., Новиков А. А. [и др.] Ультразвуковая обработка материалов : учеб. пособие: в 2 ч. Ч. 2. ОмГТУ. – Омск : Изд-во ОмГТУ, 2016. 117 с.
2. Абрамов В. О., Абрамов О. В., Артемьев В. В. [и др.]. Мощный ультразвук в металлургии и машиностроении. М.: Янус-К. 2006. 688 с.
3. Соловьянова И. П., Шабунин С. Н. Теория волновых процессов. Акустические волны: учеб. пособие. Екатеринбург: ГОУ ВПО УГТУ-УПИ, 2004. 142 с.
4. Гюлиханданов Е. Л., Кисленков В. В., Хайдоров А. Д. Термическая обработка металлов: учеб. пособие. СПб.: Изд. Политех. ун-та. 2014. С. 167.
5. Журавлев В. Н., Николаева О. И. Машиностроительные стали: справ. 3-е изд., перераб. и доп. М.: Машиностроение. 1981. 391 с.
6. Ю.М. Лахтин Термическая обработка в машиностроении: Справочник/ под редакцией Ю.М. Лахтина, А. Г. Рахштадта. М.: Машиностроение, 1980. – 783 с.