

УДК. 621.052.08

А.Н.Смирнов, С.В.Фольмер

ВЛИЯНИЕ ИСХОДНОЙ СТРУКТУРЫ И ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ КОНСТРУКЦИОННЫХ СТАЛЕЙ НА ИХ АКУСТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Конструкционные стали, наиболее широко применяются в промышленности, они должны обладать высоким пределом текучести, который является одной из основных характеристик при расчетах различных металлоконструкций, в сочетании с высокой пластичностью, низким порогом хладноломкости, сопротивлением хрупкому разрушению, а долговечность связана с сопротивлением усталости, износу и коррозии. Весь этот комплекс свойств и определяет конструктивную прочность сталей.

После термической обработки все эти стали имеют феррито-перлитную структуру. Однако после термического упрочнения (ускоренного охлаждения после проката) перлит становится более дисперсным, предел прочности повышается на 30 – 50% [1].

В.В. Муравьевым [2] показано, что в углеродистых сталях скорость распространения поверхностных волн Рэлея резко снижалась после закалки по сравнению с исходным состоянием и увеличивалась с ростом времени и температуры отпуска [3]. В вышеуказанных работах показано, что среди прочих структурных факторов наиболее сильное влияние на скорость распространения ультразвука оказывают фазовый состав сплава и искаженность кристаллической решетки, А.В.Шарко [4,5], ранее установил зависимость изменения скорости ультразвука от температуры отпуска, а Л.Я. Левитан [6] объясняет рост скорости ультразвука с увеличением температуры отпуска снятием внутренних напряжений, возникающих после закалки из-за различной плот-

ности аустенита и мартенсита.

Целью настоящей работы является выявление влияние исходной микроструктуры сталей 20, 17ГС, 09Г2С, 16Г2АФ после различных режимов термической обработки на параметры акустических волн, в частности, на время задержки акустической поверхностной волны (ПАВ), используя многофункциональную спектральную акустическую систему «Астрон».

Измерения проводили на цилиндрических образцах диаметром 30 и длиной 140 мм, изготовленных из толстолистовой стали. Для исследованных сталей устанавливали влияние структурно-фазового состояния на время задержки ПАВ, используя многофункциональную спектральную акустическую систему «Астрон».

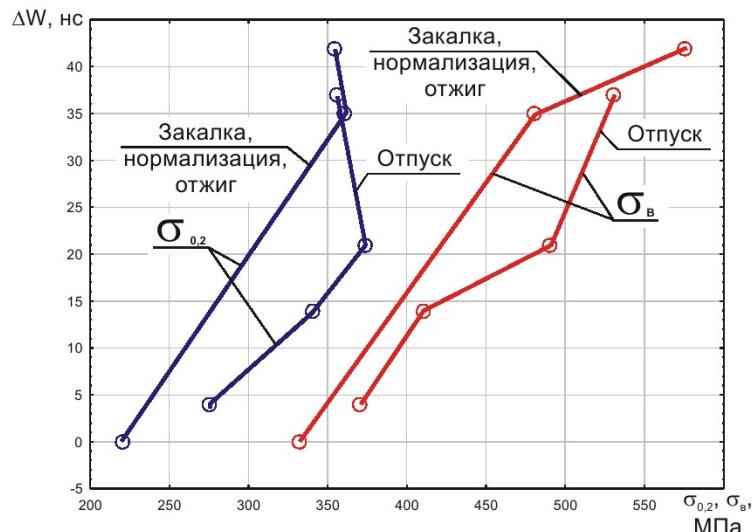


Рис. 1. Связь времени задержки ПАВ с механическими характеристиками стали 20

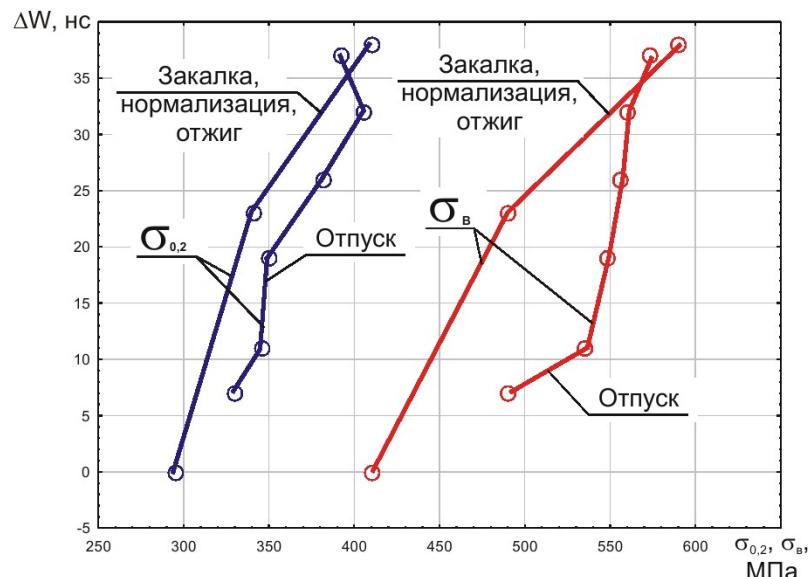


Рис. 2. Связь времени задержки ПАВ с механическими характеристиками стали 09Г2С

Аппаратно-программные компоненты системы обеспечивают возможность ее использования в различных режимах:

- многоцелевой режим сбора и обработки акустической информации;
- режим определения упругих постоянных металлов;
- режим измерения объемных упругих напряжений;
- режим измерения поверхностных упругих напряжений, определение локальных пластических деформаций, определение механических характеристик;
- режим поиска поврежденности металла (пор);

- режим толщинометрии и профилографии обратной (недоступной для наблюдения) поверхности объекта и т.д.

В нашем случае применяли «излучатель-приемник» поверхностных волн с фиксированной базой между излучателем и приемником, который устанавливался на поверхности исследуемой детали. Основные характеристики системы: АЦП – 12 разрядов, дискретизация по времени – 5,4 нс со стабильностью фронта 100 пс, число точек в импульсе 1024...4096.

Для стали 20 при изучении разнообразных микроструктур от сорбитаобразных (троститообразных) до феррито-перлитных происходит изменение времени задержки ПАВ, минимальная задержка зафиксирована в отожженных образцах (8794 нс). Отжиг проводили при температуре 900⁰С, время выдержки – 2 часа, охлаждение с печью. Испытания также проводили после закалки в воде от температуры 900⁰С, время выдержки - 1 час. В этих образцах – максимальное время задержки ПАВ (ΔW) составляло 42 нс. Следует отметить, что с повышением температуры отпуска после закалки от 150⁰С до 600⁰С происходит монотонное уменьшение времени задержки (ΔW). После нормализации от 900⁰С зарегистрировали до-

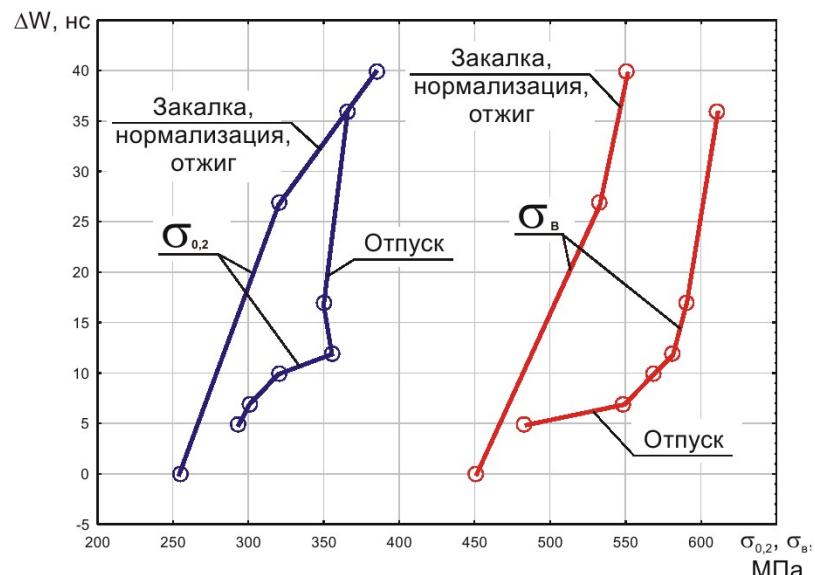


Рис. 3. Связь времени задержки ПАВ с механическими характеристиками стали 17ГС

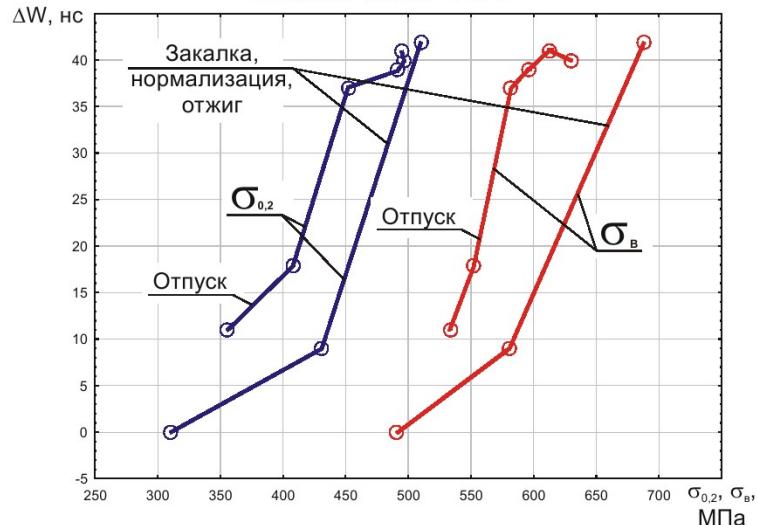


Рис. 4. Связь времени задержки ПАВ с механическими характеристиками стали 16Г2АФ

вально большое значение ΔW , равное 35 нс, близкое к результатам измерений после закалки и низкого отпуска (37 нс). Низкоуглеродистые стали обладают малой устойчивостью переохлажденного аустенита, поэтому после закалки мартенсит не образуется. Однако быстрое охлаждение вызывает сильное переохлаждение аустенита, что уменьшает количество свободного феррита и приводит к образованию тонкой феррито-цементитной структуры (тростит, сорбит). Одновременно с измерением времени задержки ПАВ определяли механические характеристики.

Для стали 20 максимальное

время задержки ПАВ соответствует максимальным значениям прочностных характеристик σ_n, σ_t и составляют 575, 354 МПа соответственно. Здесь минимальная пластичность ($\delta\% = 10$) и максимальная твердость – HB300. При снижении прочностных характеристик и увеличении пластичности произошло и уменьшение времени задержки ПАВ (ΔW) от 42 до 4 нс (после закалки и высокого отпуска). Зафиксировано изменение ударной вязкости. Максимальная ударная вязкость получена при испытании образцов после отжига, закалки и высокого отпуска, а минимальная после

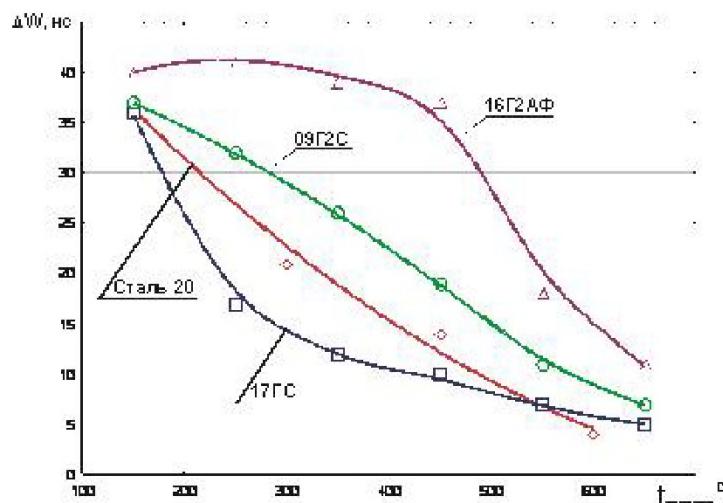


Рис. 5. Влияние температуры отпуска конструкционных сталей на время задержки ПАВ

закалки.

Для сталей 17ГС, 09Г2С и 16Г2АФ исследования проводили после различных режимов термической обработки, эти стали изучали после закалки, отжига и нормализации, закалки и низкого, среднего и высокого отпуска. Для них также прослеживается четкая взаимосвязь

между временем задержки ПАВ, микроструктурой и механическими характеристиками. Причем в стали 16Г2АФ уменьшение ΔW в зависимости от температуры отпуска начинается при более высоких температурах при сравнении с другими сталью, что вызвано в первую очередь высокой степенью упрочнения ее мелкодисперсными карбонитридами ванадия (рис. 1 – 5).

Показано, что для всех исследованных сталей с увеличением температуры отпуска пластические свойства увеличиваются, а параметры прочности (твердость, пределы прочности и текучести) снижаются, что подтверждает положение [2,7] о том, что снижение искажений кристаллической решетки, препятствующих движению дислокаций приводит к уменьшению прочностных характеристик. Установлено, что наибольшее снижение ΔW наблюдается в зоне максимального распада пересыщенного твердого раствора углерода при температурах 150 – 400 °C и что с изменением микроструктуры, с уменьшением степени упрочнения и снижения искажений кристаллической решетки происходит снижение времени задержки ПАВ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Солнцев Ю.П. Металлы и сплавы// Справочник. С. – Питер: НПО «Профессионал». 2002. – 1053.с.
2. Муравьев В.В., Зуев Л.Б., Комаров К.Л. Скорость звука и структура сталей и сплавов / Новосибирск: «Наука», 1996.-185с.
3. Муравьев В.В., Билута А.П., Кодолов В.П. Влияние термической обработки стали 38ХА на акустические свойства// Повышение надежности и эффективности работы ж. – д. транспорта: Тез. докл. конф.-Новосибирск. Новосибир. ин – т инж. ж. – д. трансп., 1987. – С.181.
4. Ботаки А.А., Глебов А.И., Шарко А.В. Ультразвуковой контроль прочностных характеристик сталей // Дефектоскопия.- 1978.- №4. – С.94 – 95.
5. Ботаки А.А., Левитан Л.Я., Шарко А.В. Ультразвуковой контроль твердости сталей// Дефектоскопия. – 1974. - №4. – С. 124 – 125.
6. Куценко А.Н., Шереметиков А.С., Анисимов В.А.. Контроль напряжений с помощью поверхностных акустических волн Рэлея.Н 2359-Ук89. Деп. УкрНИИНТИ.- Дефектоскопия,1990 N 7 с.95-96.
7. Ботаки А.А., Ульянов В.Л., Шарко А.В. Ультразвуковой контроль прочностных свойств конструкционных материалов //М.: Машиностроение.- 1983.-78с.

□ Авторы статьи:

Смирнов
Александр Николаевич
- докт. техн. наук, проф. каф. технологии машиностроения КузГТУ,
тел.: 8(3842)58-35-63

Фольмер
Сергей Владимирович
- ст. преп. каф. технологии машиностроения КузГТУ,
тел.: 8(3842)58-35-63