

ИССЛЕДОВАНИЕ СВЯЗИ ТВЕРДОСТИ СО СКОРОСТЬЮ УЛЬТРАЗВУКА В СТАЛИ 50ХФА**Кайраткызы Тогжан**

магистрант кафедры физики и технологий, Восточно-Казахстанского Государственного Университета им. С. Аманжолова, Республика Казахстан, г. Усть-Каменогорск

Абылкалыкова Риза Батырхановна

канд. физ.-мат. наук, старший преподаватель, Восточно-Казахстанского Государственного Университета им. С. Аманжолова, Республика Казахстан, г. Усть-Каменогорск

Цель статьи заключается в рассмотрении связи твердости со скоростью ультразвука для стали 50ХФА. При проведении экспериментальных работ в лабораторных условиях вуза были использованы резонансный метод для измерения скорости упругих колебаний основанный на частотном резонансе, а также использовалась методика Виккерса для измерений твердости металла. По сопоставлению и анализу данных было выявлена корреляционная связь между этими параметрами.

Введение

Исследование связи твердости со скоростью ультразвука для разных видов металлов являются немаловажной частицей в конструкции неразрушающего контроля. Методы акустического контроля дают возможность контролировать лишь те характеристики материала, которые воздействуют на состояние режимов колебаний ОК, отражение, возбуждение, прохождение и преломления упругих волн. Это волновые сопротивления, коэффициенты поглощения, затухания и рассеяния, механический импеданс, уровень обратного рассеяния, скорость распространения различных типов упругих волн. Если контролируемое свойство имеет с измеряемым акустическим параметром четкую аналитическую связь, оно может быть определено с высокой точностью. Так все три упругих постоянных (модуль Юнга E , модуль сдвига G , коэффициент Пуассона ν) однозначно определяются по измеренным значениям скоростей распространения продольной или поперечной волны.

Однако большинство физических-механических свойств (включая прочность) связаны с акустическими параметрами только корреляционными зависимостями, теснота которых определяется выбором того или иного измеряемого параметра. В нашем случае мы сопоставили показатели скорости распространения продольной волны на приемниках пьезопреобразователей после различных режимах термообработки с медленным отпускком на воздухе с величинами механических характеристик.

Обзор литературы

Рассмотрены работы по экспериментальному исследованию связи скорости ультразвука и механических свойств металлов Муравьева В.В. и И.М. Полетика, А.В. Шарко. На основании анализа существующих литературных данных сделан вывод об актуальности и реальной возможности исследования связи твердости и связанных с ней параметров с изменением структурного состояния металлов и сплавов и скоростью ультразвука в них с целью выработки рекомендаций по методике неразрушающего контроля твердости и связанных с ней структурных параметров.

Термическая обработка, закалка, отпуск, легирование, отжиг, образование карбидов (в том

числе в процессе эксплуатации), другие процессы в стальных сплавах ведут к искажениям кристаллической решётки, изменению плотности дислокаций, их вида, содержания отдельных фазовых составляющих, размера зёрен и т.п.

При процессах старения или при отпуске распад пересыщенного твёрдого раствора приводит к уменьшению искажений кристаллической решетки. В результате этого растут упругие модули, и уравнивается структура.

Предел прочности σ_B – это максимальное механическое напряжение, выше которого происходит разрушение материала, подвергаемого деформации. По значениям твёрдости по

Бринеллю HB можно определить σ_B – временное сопротивление при растяжении:

$$\sigma_B = \sigma_{HB} \quad (1)$$

Согласно формуле (1), для большинства материалов при процессах старения или при отпуске временное сопротивление увеличивается при росте твёрдости.

Таким образом, при деформации в процессе активного растяжения металла имеет

место линейная зависимость изменения σ_B – временного сопротивления при растяжении от значений твёрдости по Бринеллю HB.

В работах под руководством А.В. Шарко [1], выявлено увеличение скорости распространения ультразвука в алюминиевых сплавах, сварных швах стали, связанных с увеличением времени и температуры старения (отпуска) и при отжигах. На скорость ультразвука в металле воздействуют многие факторы, определяющие состояние металла. Анализ данных, полученных в работах под руководством А.В. Шарко, свидетельствует об увеличении скорости распространения ультразвука в сварных швах стали при увеличении времени и температуры старения (отпуска) и при отжигах. Было проведено исследование изменения скорости ультразвука при процессах старения или при отпуске стали 40X13. Состав высокохромистой нержавеющей стали 40X13 приведён в таблице 1.

Таблица 1.

Химический состав исследованной стали 40X13

Элемент	C	Si	Mn	
Содержание, %	0,4	0,6	0,55	

Для образцов стали 40X13 получены данные об изменении относительной скорости

ультразвука C/C_0 от величины относительного действующего напряжения σ/σ_B , где

σ_B – временное сопротивление при растяжении. Используя безразмерные координаты

C/C_0 и σ/σ_B , получаем линейную зависимость:

$$C/C_0 = \sigma/\sigma_B + \beta, \quad (2)$$

где: константы α и β определяются экспериментально.

Таким образом, при деформации в процессе активного растяжения стали 40X13 имеет

место линейная зависимость изменения относительной скорости ультразвука C/C_0 от

величины относительного действующего напряжения σ/σ_B . Изменения скорости ультразвука при деформации определяются поведением подвижных дислокаций, участвующих в процессах скольжения.

Общим для исследований является следующее: для разных объектов, для разных видов напряжённого состояния с увеличением времени и температуры старения (отпуска) и при отжигах выполняется соотношение:

$$\Delta C = \sum \beta_{\alpha} \sigma_{\alpha}, \quad (3)$$

где:

ΔC – изменение скорости ультразвуковой волны;

β_{α} – коэффициенты пропорциональности
(акустоупругие коэффициенты);

$\sigma_{\alpha} = F/S$ – напряжения.

Таким образом, скорость ультразвука зависит от напряжений в материале, для большинства материалов скорость ультразвуковых волн увеличивается при росте напряжений.

Результаты исследования

Для экспериментальных работ выбрана сталь 50ХФА калиброванный конструкционный который является довольно популярным изделием металлопроката, применяется в строительстве различных конструкций, производстве деталей во многих сферах. Относится к конструкционно рессорно-пружинному классу. Химический состав представлен в таблице 2.

Таблица 2.

Химический состав исследованной стали 50ХФА

C	Si	Mn	Ni	S	
0,54	0,17	0,5	0,25	0,025	

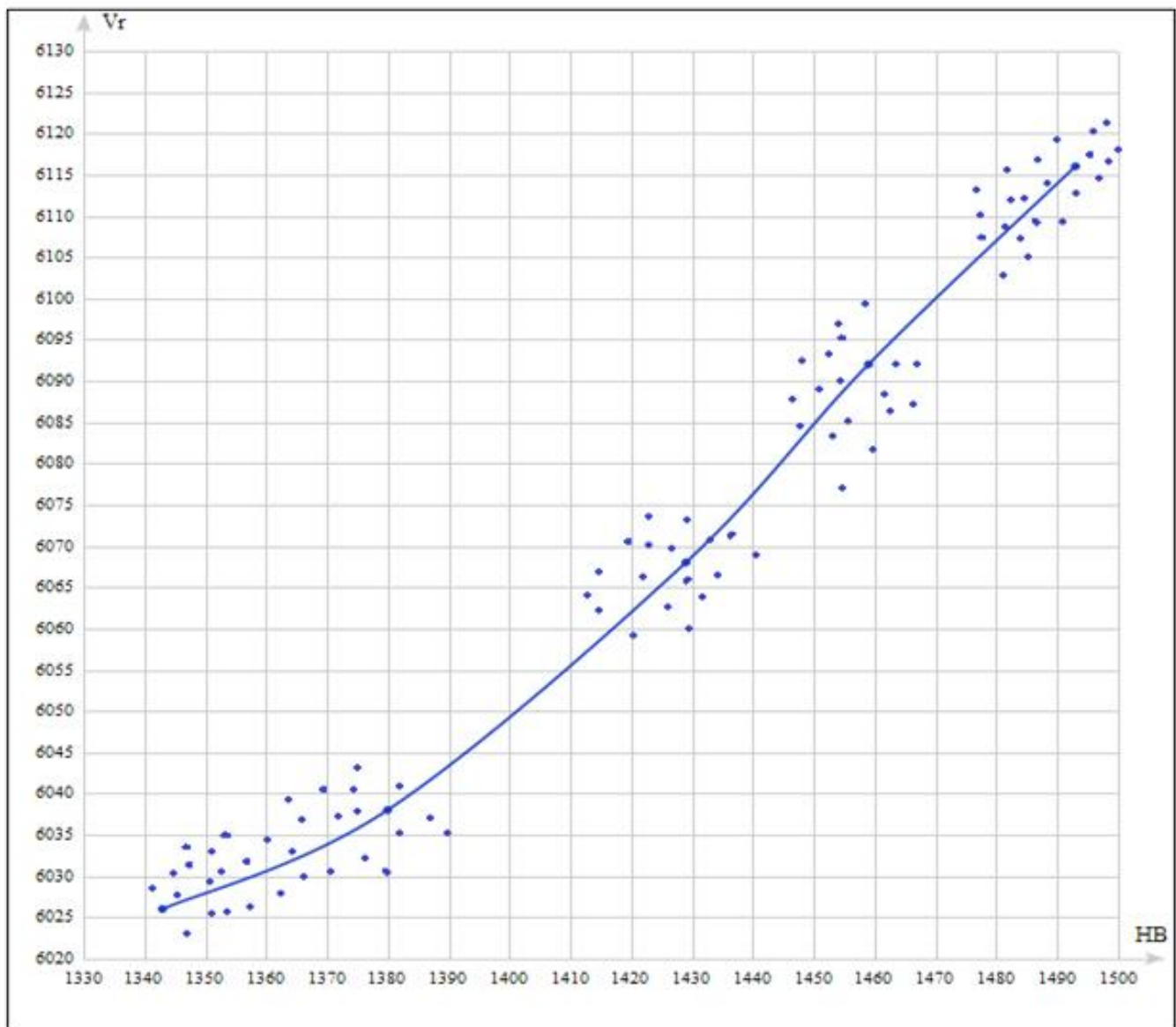


Рисунок 1. Зависимость скорости ультразвука от твердости стали 50ХФА

Изменение структуры сталей при термической обработке в разных металлах можно увидеть по разному, если внимательно рассмотреть свежий излом стального изделия, то можно увидеть что поверхность состоит из большого количества зерен крепко связанных между собой. Величина зерен различна – одни различимы под лупой, а другие достаточно крупны и их можно рассмотреть простым глазом. Каждое зерно состоит из мельчайших частиц атомов – которые расположены в определенном порядке, образуя кристаллическую решетку.

Расположение атомов изменяется в зависимости от температуры нагрева. При нагревании железа до температуры 900°C атомы располагаются в виде куба образуя так называемую кристаллическую решетку альфа-железа. Если нагревать свыше 900°C происходит перегруппировка атомов и кристаллическая решетка представляет собой решетку гамма-железа [4, с. 15].

В сталях это превращение происходит при более низких температурах (723°C) чем в чистом железе, так что температуру термообработки условно было взято 700°C с временем выдержки 1 час.

При медленном охлаждении происходит перестройка кристаллической решетки и от нее зависят свойства металла. При быстром охлаждении применяется отпуск, который заключается в повторном нагревании стали, но при медленном охлаждении при 700°C аустенит превращается в перлит, что дает нам понижение твердости на 1-2 единицы, но зато повышается вязкость и снимаются внутренние напряжения.

Заключение

Структурными исследованиями выявлено, что увеличение упругих модулей и соответствующее им уравнивание структуры происходит за счёт протекания следующих процессов: преобразования винтовых дислокаций в геликоидальные и роста дислокационных призматических петель в сплавах; образования дефектов, соответствующих разным стадиям старения сплавов; распада мартенсита и остаточного аустенита с выделением карбидов в сталях.

Сопоставляя выводы по формулам (1) что для большинства материалов при процессах старения или при отпуске временное сопротивление увеличивается при росте твёрдости, также по формуле (3) о том, что скорость ультразвуковых волн увеличивается при росте напряжений, сопоставляя их по общему параметру относительного действующего напряжения можно предположить что при увеличении времени и температуры старения (отпуска) и при

отжигах металла *скорость ультразвуковых волн увеличивается при росте твёрдости*. По результатам проведенных экспериментальных данных корреляционная связь скорости

ультразвука с твердостью для стали 50ХФА составило
$$V_r = 0,55 \cdot 10^{-2} HV + 526,41$$

с коэффициентом корреляции $\chi = 0,88$, что также подтверждает этот факт, а также модельные представления в работе Муравьева В.В., И.М. Полетика указывающее на линейную связь скорости ультразвука с твердостью [2; 3].

Список литературы:

1. Ботаки А.А., Глебов А.Н., Шарко А.В. Ультразвуковой контроль твёрдости сталей // Дефектоскопия. – 1974. – №4. С. 125.
2. Муравьев В.В. Взаимосвязь скорости ультразвука в сталях с режимами их термической обработки. Дефектоскопия. – 1989. №2. С. 66-68.
3. Полетика И.М., Н.М. Егорова, О.А. Куликова, Л.Б. Зувев. Об ультразвуковом контроле неоднородности механических свойств горячекатаной стали. Журнал технической физики. –Томск, 2001. № 3. С. 38.
4. Крупицкий В.А. Основы термической обработки. – Ленинград: Лениздат, 1959.