

СООТНОШЕНИЕ МАГНИТОМЕХАНИЧЕСКОГО ЗАТУХАНИЯ И ДЕФЕКТА МОДУЛЯ УПРУГОСТИ В СПЛАВАХ ЖЕЛЕЗА С СИЛЬНЫМ ЗАТУХАНИЕМ

© 2008 г. А. И. Скворцов

Вятский государственный университет, Киров

Поступила в редакцию: 5.11.07

В демпфирующих сплавах железа с магнитомеханической природой внутреннего трения наилучшее соответствие максимума логарифмического декремента на его амплитудной зависимости имеет место с релаксированным по сравнению с нерелаксированным и среднегеометрическим дефектами модуля упругости. Сравниваются температурные зависимости максимума логарифмического декремента на его амплитудной зависимости и динамического модуля упругости.

ВВЕДЕНИЕ

Существуют различные приоритеты при использовании таких характеристик релаксации, как нерелаксированного, релаксированного, среднегеометрического дефектов модуля упругости: $\Delta_n = (M_n - M_p)/M_n$, $\Delta_p = (M_n - M_p)/M_p$, $\Delta_{сг} = (M_n - M_p)/M_{сг}$. Представляет интерес установить для сплавов с различным значением магнитомеханического затухания, какая из указанных характеристик релаксации лучше коррелирует с таким параметром амплитудной зависимости внутреннего трения, как максимум магнитомеханического затухания δ_m .

Известно, что для демпфирующих сплавов на основе Fe между магнитомеханическим затуханием и динамическим модулем упругости на их амплитудной зависимости существует обратная связь [1—3]. Представляет интерес выявить изменение магнитомеханического затухания и динамического модуля упругости в зависимости от температуры испытаний. Таких работ для сплавов на основе Fe с сильным магнитомеханическим затуханием (Fe — Cr — V, Fe — Co — Si) автору не известны.

МЕТОДИКА И МАТЕРИАЛ ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследовали Fe и его сплавы с Cr, Co, Al, Mo, Si, V с ферритной структурой. Различный уровень магнитомеханического затухания и дефекта модуля упругости наряду с варьированием состава сплава достигали 1) отжигом при различных температурах в интервале 600—1150 °С, 2) измерением без магнитного поля и в переменном магнитном поле частотой 50 Гц и напряженностью 6 А/см.

Амплитудную зависимость логарифмического декремента δ и частоты колебаний f определяли методом крутильных колебаний на образцах с размерами рабочей части: диаметром 5 и длиной 30 мм. Дефект динамического модуля упругости определяли как функцию частот колебаний: $\Delta_n = (f_0^2 - f_{min}^2)/f_0^2$, $\Delta_p = (f_0^2 - f_{min}^2)/f_{min}^2$, $\Delta_{сг} = (f_0^2 - f_{min}^2)/(f_0 f_{min})$. Определение частот f_0 и f_{min} показано на рис. 1, б. При температурных испытаниях средняя скорость нагрева составляла 150 К/ч. Доменную структуру выявляли методом порошковых фигур.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

На рис. 1 представлена амплитудная зависимость логарифмического декремента и квадрата частоты колебаний для сплава Fe с сильным магнитомеханическим затуханием, характерная для исследованных сплавов.

На рис. 2, а, б, в представлены результаты соответствия максимума логарифмического декремента на его амплитудной зависимости и различных видов дефекта модуля упругости в большом интервале их значений, а на рис. 2, г — обобщающий график. Видно, что наилучшее соответствие характеристика δ_m имеет с Δ_p . Это соответствие представлено квадратичным уравнением (1):

$$\Delta_p = -0,0614\delta_m^2 + 0,839\delta_m + 0,0276 \quad (1)$$

Рассмотренную ситуацию полезно сравнить с зависимостью логарифмического декремента и удельной демпфирующей способности ψ от отношения соседних амплитуд колебаний A_i/A_{i+1} . При

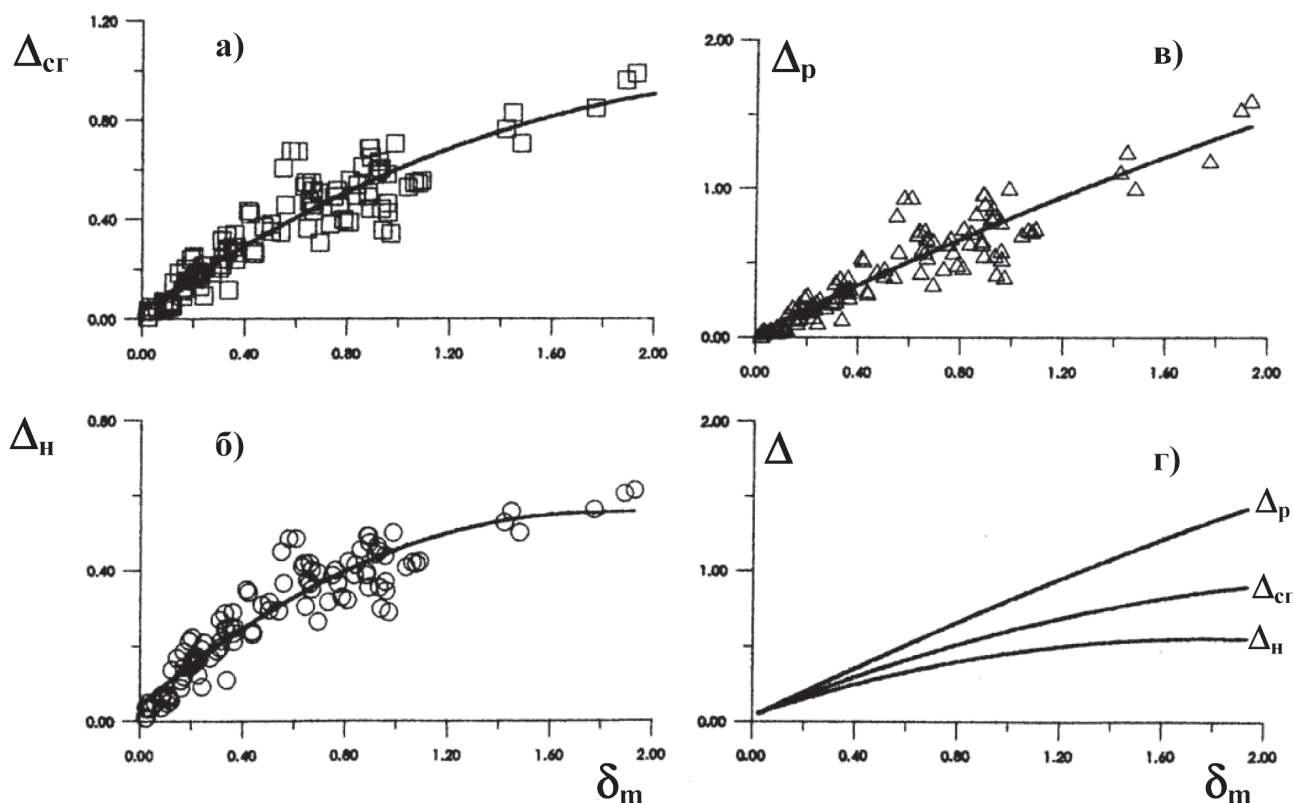


Рис. 1. Зависимость логарифмического декремента (а) и квадрата частоты колебаний (б) от амплитуды крутильных колебаний для сплава Fe — 8% Cr — V при измерении без магнитного поля (1, 3) и в постоянном магнитном поле насыщения — напряженностью 30 кА/м (2, 4).

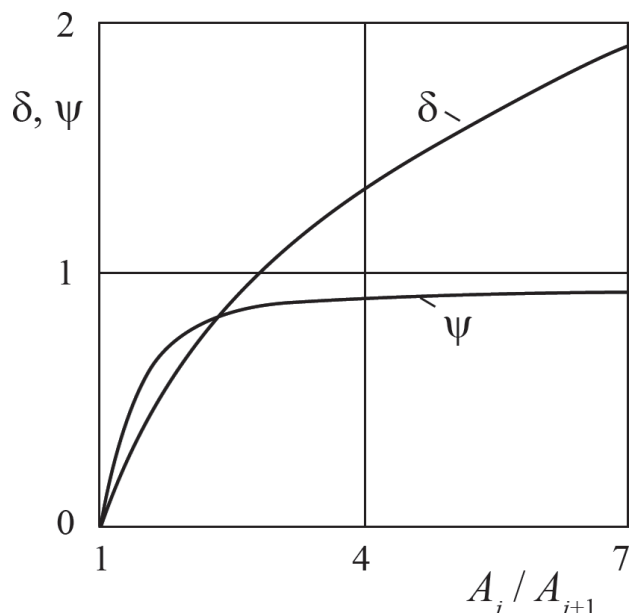


Рис. 2. Соотношение между среднегеометрическим (а), нерелаксированным (б), релаксированным (в) дефектами динамического модуля упругости и максимумом логарифмического декремента на его амплитудной зависимости δ_m и обобщающий график (з).

этом характеристики внутреннего трения определены уравнениями (2) и (3):

$$\delta = \ln(A_i / A_{i+1}) \quad (2)$$

$$\psi = (A_i^2 - A_{i+1}^2) / A_i^2 = 1 - (A_{i+1} / A_i)^2 \quad (3)$$

Из рис. 3 видно, что логарифмический декремент более адекватно отражает темп снижения амплитуды колебаний по сравнению с характеристикой ψ , особенно, при больших значениях величины A_i / A_{i+1} . Поэтому для высокodemпфирующих сплавов использование характеристики δ более предпочтительно по сравнению с характеристикой ψ .

Типичная доменно-зеренная структура после высокотемпературного отжига рассматриваемых сплавов Fe представлена на рис. 4.

На рис. 5 дана температурная зависимость характеристик δ_m и f_{min}^2 в интервале температур, меньших точки Кюри. Видно, что если характеристика δ_m с повышением температуры может увеличиваться (все сплавы), уменьшаться (сплав на основе Fe — Cr — Al), то характеристика динамического модуля упругости f_{min}^2 с повышением температуры

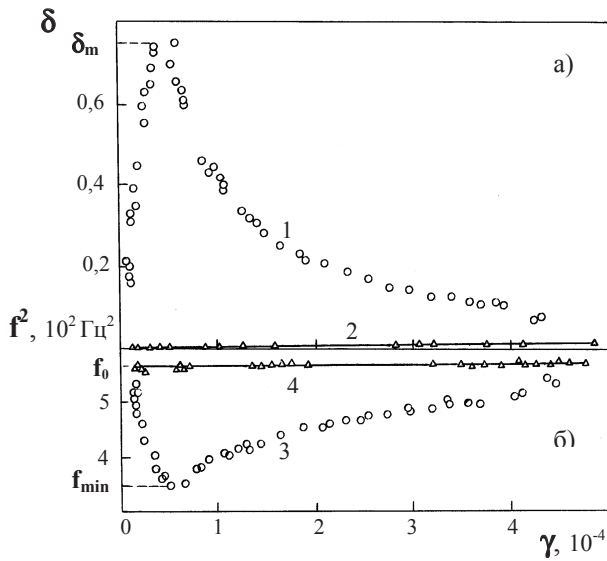


Рис. 3. Зависимость логарифмического декремента δ и удельной демпфирующей способности ψ от отношения соседних амплитуд колебаний A_i/A_{i+1} .

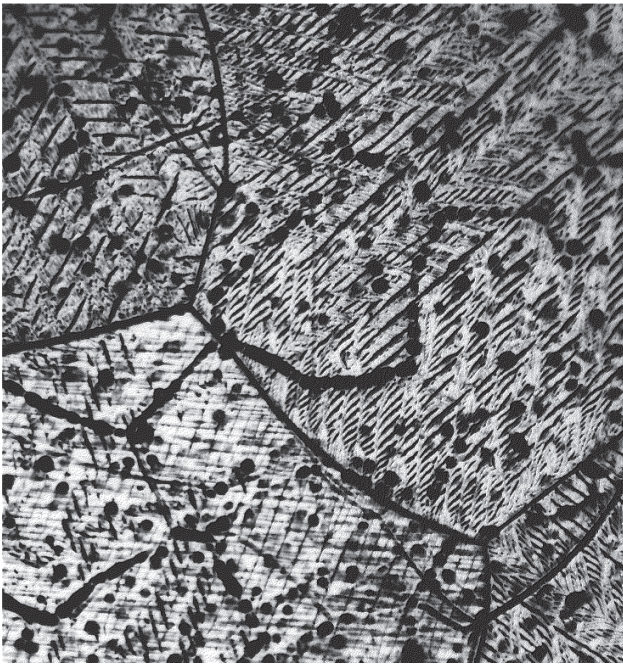


Рис. 4. Доменно-зеренная структура сплава Fe — 7% Cr — V после отжига 1150 °С. $\times 63$.

монотонно уменьшаться для всех типов представленных высокодемпфирующих сплавов.

Следует отметить, что анализ причин температурного хода указанных и подобных им характеристик с точки зрения структуры практически не проводился. Изменение этих характеристик в зависимости от температуры сопоставлялось, в ос-

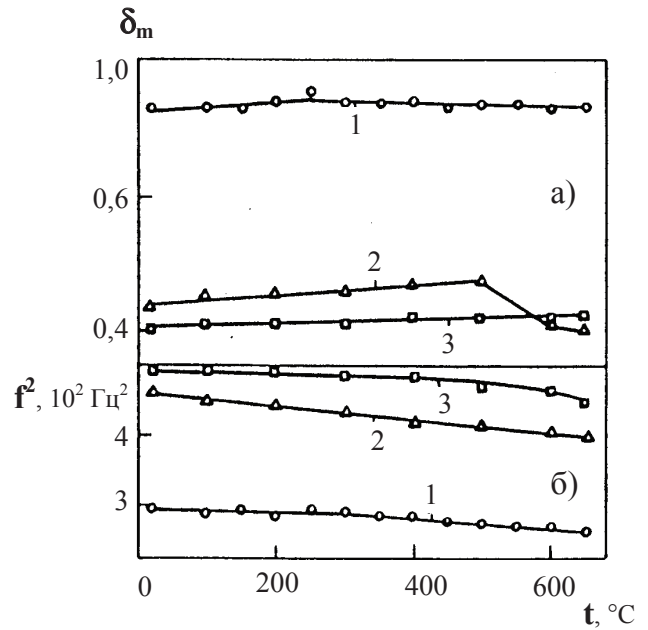


Рис. 5. Зависимость максимума логарифмического декремента (а) и минимума квадрата частоты колебаний (б) на их амплитудной зависимости от температуры испытаний для отожженных сплавов на основе: Fe — 10% Cr — V (1), Fe — 6% Cr — Al (2), Fe — 6% Co — Si (3), — при измерении без магнитного поля.

новном, с изменением характеристик других физических свойств, например, с константой анизотропии, характеристиками магнитострикции [4]. Поэтому несомненно, что перспективным для выявления природы температурной зависимости характеристик магнитомеханического затухания является изучение эволюции доменной структуры. Об этом свидетельствуют данные, например, работ [5, 6] о связи магнитомеханического затухания с перестройкой доменной структуры.

ВЫВОДЫ

1. Между характеристикой δ_m и различными видами дефектов динамического модуля упругости для сплавов Fe в большом диапазоне величин затухания ($\delta_m = 0,02—2$) имеется пропорциональная зависимость. Наилучшее соответствие имеет место между характеристиками δ_m и Δ_p .

2. Соотношение зависимостей характеристик δ_m и f_{min}^2 от температуры испытаний отличается от соотношения их зависимостей от амплитуды механических колебаний. В зависимости от температуры испытаний эти характеристики могут меняться как пропорционально, так и обратнопропорционально. Представляется перспективным изучение

эволюции доменной структуры для выявления природы температурной зависимости характеристик магнитомеханического затухания.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Калинин Ю. Е. Автореф. дис. док. физ.-мат. наук. Воронеж: ВПИ, 1991.
2. Головин И. С., Варвус И. А. // *Металловедение и термическая обработка металлов*. 1994. № 1. С. 26.
3. Скворцов А. И. Автореферат дис. док. техн. наук. Екатеринбург: УГТУ, 1995.
4. Кекало И. Б. // *Металловедение и термическая обработка*. Т. 7: Итоги науки и техники. М.: ВИНТИ, 1973. С. 5.
5. Скворцов А. И. // *Известия АН. Сер. физ.* 1993. Т. 57. № 11. С. 159.
6. Скворцов А. И. // *Физика металлов и металловедение*. 1993. Т. 75. № 6. С. 118.