

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ДИНАМИЧЕСКОГО НАМАГНИЧИВАНИЯ И ПЕРЕМАГНИЧИВАНИЯ ФЕРРОМАГНЕТИКА

Тимофеев И.А.

Чувашский государственный педагогический университет

Чебоксары, Россия

The model process of dynamical of magnetization and remagnetization of ferromagnetic

Timofeev I.A.

Chuvash state pedagogical university

Cheboksary, Russia

Моделирование процесса динамического намагничивания и перемангничивания ферромагнетика состоит в определении функции между переменными факторами данного физического процесса.

Представим движение доменной границы массой m через поле дислокации шириной S за время t в следующей дифференциальной форме второго порядка [1]:

$$m \frac{d^2 S}{dt^2} = -k \left(\frac{dS}{dt} \right)^2. \quad (1)$$

Обозначив через коэффициент $b = \frac{k}{m}$, запишем данное дифференциальное уравнение по другому [1]

$$\frac{d^2 S}{dt^2} = -b \left(\frac{dS}{dt} \right)^2. \quad (2)$$

В уравнении второго порядка приняв, что $\frac{dS}{dt} = v$, мы приведем его к уравнению первого порядка с разделяющимися переменными [2]

$$\frac{dv}{dt} = -bv^2 \quad \text{или} \quad \frac{dv}{v^2} = -b \cdot dt. \quad (3)$$

Возьмем интеграл от обеих частей последнего уравнения

$$\int \frac{dv}{v^2} = -\int b \cdot dt. \quad (4)$$

Решив это уравнение, получим [2]

$$\frac{1}{v} = b \cdot t + C_1 \quad \text{или} \quad v = \frac{1}{b \cdot t + C_1} \quad (5)$$

Определим начальную скорость движения доменной границы по формуле кинетической энергии из условия, что энергия доменной границы до пересечения поля дислокаций равнялась $27,4 \cdot 10^{-13}$ Дж [3]

$$v = \sqrt{\frac{2E}{m}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 27,4 \cdot 10^{-13}}{3,7 \cdot 10^{-17}}} = \sqrt{14,8 \cdot 10^4} = 385 \text{ м/с}, \quad (6)$$

где m – эффективная масса 180^0 доменной границы (для железа $m \approx 3,7 \cdot 10^{-17}$ кг).

Исходя из начального условия $v=385$ м/с при $t=0$, определяем значение постоянной величины C_1

$$385 = \frac{1}{C_1}, \quad \text{откуда} \quad C_1 = \frac{1}{385}. \quad (7)$$

Скорость движения доменной границы определяется следующим образом

$$v = \frac{385}{1 + 385b \cdot t}. \quad (8)$$

Полагая в последнем уравнении $v = \frac{dS}{dt}$, произведя разделение переменных и интегрирование, получим следующие выражения:

$$dS = \frac{385dt}{1 + 385b \cdot t}, \quad \text{откуда} \quad S = \frac{1}{b} \ln(1 + 385bt) + C_2. \quad (9)$$

Приняв условие $S=0$ при $t=0$, имеем $C_2=0$

Следовательно, уравнение движения доменной границы через поле дислокаций будет

$$S = \frac{1}{b} \ln(1 + 385bt). \quad (10)$$

Определим конечную скорость движения доменной границы по формуле кинетической энергии из условия, что энергия доменной границы после пересечения поля дислокаций стала равной $0,48 \cdot 10^{-13}$ Дж [3]

$$v = \sqrt{\frac{2E}{m}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 0,48 \cdot 10^{-13}}{3,7 \cdot 10^{-17}}} = \sqrt{0,26 \cdot 10^4} = 51 \text{ м/с}, \quad (11)$$

Приняв условие $v=51$ м/с в равенстве (8) и $S=6,2 \cdot 10^{-4}$ м в равенстве (10) будем иметь систему уравнений

$$\left\{ \begin{array}{l} 51 = \frac{385}{1 + 385b \cdot t} \\ 6,2 \cdot 10^{-4} = \frac{1}{b} \ln(1 + 385bt) \end{array} \right. \quad (12)$$

Решив последовательно систему уравнений, определим значение b . Для этого вычислим

$$1 + 385b \cdot t = 7,55, \text{ затем определим } 6,2 \cdot 10^{-4} = \frac{1}{b} \ln 7,55 \quad [4]$$

и затем $b = 1612,9$.

Подставив значение b из предыдущего расчета в уравнение (8), получим

$$51 = \frac{385}{1 + (385 \cdot 1612,9 \cdot \ln 7,55) \cdot t} \quad (13)$$

Искомое время движения доменной границы через поле дислокаций определим из уравнения (13):

$$t = \frac{334}{31669291 \ln 7,55} = 5,2 \cdot 10^{-6} \text{ с.}$$

Математическое моделирование позволяет избежать непредвиденные ошибки, которые возможны в процессе физических измерений и исследований.

ВЫВОД

Моделирование на основе теории подобия с применением компьютерной технологии значительно упрощает и облегчает процесс измерений и исследований.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ильин В.А., Куркина А.В. Высшая математика. - М.: Издательство «Проспект», 2005. – 596 с.
2. Задачи и упражнения по математическому анализу для втузов /Г.С. Бараненков, Б.П. Демидович, В.А. Ефименко и др.; Под ред. Б.П. Демидовича. – М.: ООО «Издательство АСТ», 2004. – 495 с.
3. Тимофеев И.А. Динамика движения доменных границ в ферромагнетике. – Современные наукоемкие технологии, 2004, № 6.
4. Бронштейн И.Н., Семендяев К.А. Справочник по математике. Гос. Изд-во физико-матем. лит., М.:1962.-608 с.