

УДК 669.1'24:537.636

Золотаревський І.В.¹, Щетініна М.О.², Золотаревський О.І.³

¹ канд. фіз.-мат. наук, доц. НУ “Запорізька політехніка”

² ст. лаборант НУ “Запорізька політехніка”

³ ст. лаборант НУ “Запорізька політехніка”

ВПЛИВ СИЛЬНИХ ІМПУЛЬСНИХ МАГНІТНИХ ПОЛІВ НА МАРТЕНСИТНЕ ПЕРЕТВОРЕННЯ У СПЛАВАХ ЗАЛІЗА. СТАТИСТИЧНІ ЗАКОНОМІРНОСТІ

Вважається, що мартенситне $\gamma \rightarrow \alpha$ -перетворення (МП), яке широко використовується для покращення механічних властивостей сталей і сплавів заліза, представляє собою звичайний структурний фазовий перехід. Разом з тим відомо, що мартенсит (α -фаза) є феромагнітним матеріалом, а аустеніт (γ -фаза) в залежності від хімічного складу і температури може бути пара-, феро-, антиферо- або навіть суперпара-магнітним матеріалом. Тонка магнітна структура аустеніту на відміну від мартенситу не колінеарна. В залежності від магнітного стану аустеніту кінетика МП може протікати двома принципово різними шляхами: ізотермічно або атермічно. Чому одне і те ж перетворення у різних сплавах, або навіть в одному сплаві при різних температурах, йде різними шляхами – невідомо.

На МП впливають сильні магнітні поля, у тому числі і імпульсні. Вони приводять до зміщення температурного інтервалу МП. Цей вплив зумовлений двома причинами: різницею магнітних моментів фаз [1] і різницею об'ємів цих фаз (магнітострикцією) [2]. Тобто, магнітний стан обох фаз (аустеніту і мартенситу) може відігравати у МП не останню роль [3]. В роботах [4-6] наводяться докази існування ще одного механізму МП у магнітних полях, що також обумовлений магнітострикцією. Він пов'язаний з перерозподілом обмінної енергії електронів незаповненої 3d підоболонки атомів у γ -фазі ГЦК-гратки при досягненні критичної міжатомної відстані d_K . Цей механізм у сплавах інварного типу може бути реалізований і без магнітного поля за рахунок спонтанної магнітострикції, яка у сплавах Fe-Ni сумірна з магнітострикцією у магнітних полях [7].

У даній роботі об'єднані відомі результати досліджень впливу сильного імпульсного магнітного поля на МП у сталях і сплавах заліза, отримані різними авторами з часу його відкриття В.Д. Садовським зі співавторами у 1961 р.

На рис. 1а представлена залежність між зміщенням мартенситних точок ΔM_s у критичному магнітному полі напруженістю 28 МА/м (350 кЕ) і

вмістом заліза у сталях і сплавах заліза з нікелем. Видно, що із збільшенням заліза ефективність магнітного поля зростає, особливо при $Fe > 72,5\%$.

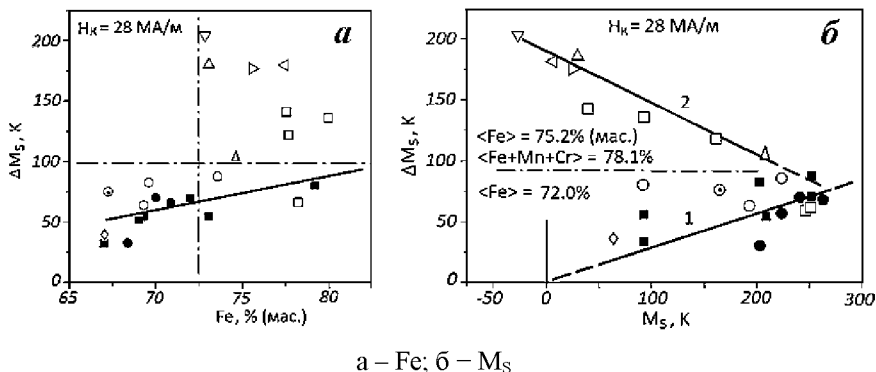


Рисунок 1 – Залежність ΔM_s при $H_K = 28 \text{ MA/m}$ від вмісту заліза і M_s .

На рис. 1б зображено розподіл величини зміщення мартенситних точок ΔM_s тих же сплавів у залежності від M_s при $H_K = 0$. Відрізок прямої 1 відповідає теоретичним розрахункам [1, 2]. Частина сплавів з середнім вмістом $\langle Fe \rangle = 72\%$ задовільно корелює з теоретичними значеннями. Для іншої частини сплавів з середнім вмістом $\langle Fe \rangle = 75,2\%$ і деяким вмістом перехідних елементів, здатних в ГЦК фазі взаємодіяти, як і $\gamma\text{-Fe}$, антиферомагнітно (Mn, Cr), спостерігається протилежна залежність ΔM_s від M_s .

Таким чином, отримані нами результати свідчать про різні механізми впливу магнітного поля на МП. У сплавах, що корелюють з теоретичною залежністю 1 (рис. 1б), отриманою узагальненням рівняння Клапейрона-Клаузіуса, спостерігається структурний фазовий перехід. У сплавах, що не відповідають рівнянню Клапейрона-Клаузіуса (залежність 2), можна говорити лише про «магнітний» фазовий перехід першого роду.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Кривоглаз, М.А. О влиянии сильных магнитных полей на фазовые переходы / М.А. Кривоглаз, В.Д. Садовский // ФММ. – 1964. – Т. 18. – С. 502–505.
2. Золотаревский, И.В. Влияние магнитострикции на сдвиг точки мартенситного превращения в сильном магнитном поле / И.В. Золотаревский, Н.С. Косенко, М.А. Кривоглаз // Металлофизика. – 1979. – Т. 1, № 2. – С. 17–22.

3. Влияние магнитного поля на обратное и прямое мартенситное превращение в сплаве Fe–33% Ni / И.В. Золотаревский, С.В. Лоскутов, В.К. Манько и др. // ФММ. – 2009. – Т. 108, № 2. – С. 147–154.

4. Золотаревский, И.В. Влияние объемной магнитострикции на мартенситное превращение в сплавах железа. Магнитный фазовый переход первого рода / И.В. Золотаревский // Металлофизика и новейшие технологии. – 2015. – Т. 37, № 5. – С. 625–636.

5. Золотаревский, И.В. Влияние магнитного состояния аустенита на мартенситное превращение в сплавах Fe–Ni в сильном магнитном поле и без него / И.В. Золотаревский, С.В. Лоскутов, М.О. Щетинина // ФММ. – 2018. – Т. 119, № 8. – С. 794–801.

6. Золотаревский, И.В. Мартенситное превращение в системах на основе инварных сплавов Fe–Ni в сильных магнитных полях / И.В. Золотаревский // ФММ. – 2020. – Т. 121. – (у друку)

7. Золотаревский, И.В. Инварные аномалии в сплавах железа и мартенситное превращение в сильных магнитных полях / И.В. Золотаревский, М.О. Щетинина, А.И. Золотаревский // ФММ. – 2020. – Т. 121. – (у друку)