

СЕКЦІЯ «ФІЗИКА»

УДК 669.1'24:537.636

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

¹ доц. НУ «Запорізька політехніка»

² старш. лаб. НУ «Запорізька політехніка»

³ старш. лаб. НУ «Запорізька політехніка»

ФАЗОВІ ПЕРЕХОДИ $\gamma \rightarrow \alpha$ В ІНВАРНИХ СПЛАВАХ FE-NI І FE-PT У СИЛЬНОМУ МАГНІТНОМУ ПОЛІ ТА БЕЗ НЬОГО

Більшість готових деталей машин і конструкцій зі сталі і сплавів заліза з метою отримання високої міцності і необхідної пластичності піддають термічній обробці. Високі механічні властивості досягаються завдяки виникненню мартенситу (α -ОЦК, ОЦТ) – головної структурної складової гартованої сталі, і залишкам аустеніту (γ -ГЦК). Мартенситне $\gamma \rightarrow \alpha$ перетворення у сплавах заліза має низку особливостей, які відрізняють його від бездифузійних перетворень в інших системах. Наразі немає пояснення існуванню принципово різних кінетик $\gamma \rightarrow \alpha$ перетворення: ізотермічної та атермічної (вибухової). До недавнього часу не мало пояснення аномально велике зміщення мартенситної точки в сильному магнітному полі при низьких температурах.

На нашу думку, особливості $\gamma \rightarrow \alpha$ перетворення сталей і сплавів заліза пов'язані переважно з особливостями магнітного стану їх фаз. У періодичній системі елементів залізо посідає важливе (особливе) місце – між феромагнітними елементами (Co і Ni) і антиферомагнітними елементами (Cr і Mn). Тому в α -стані залізо є феромагнетиком з точкою Кюрі 1042 К (769 °С), а у γ -стані – антиферомагнетиком з точкою Нееля ~ 60 К. Магнітний стан твердого розчину інших елементів у γ -залізі може бути дуже різноманітним. Конкуренція феромагнітної і антиферомагнітної взаємодій між атомами компонентів твердого розчину призводить до виникнення об'ємних ефектів, що компенсують нормальне теплове розширення тіл. Це явище спостерігається в інварних сплавах. Всі інварні сплави при високому вмісті заліза граничать з $\gamma \rightarrow \alpha$ переходом (γ -Fe нестабільне).

Аналіз результатів досліджень мартенситного перетворення у сплавах Fe-Ni і сплавах на їх основі з додаванням хрому, марганцю і вуглецю в магнітному полі виявив існування іншого механізму $\gamma \rightarrow \alpha$ перетворення – атермічного типу. Це магнітний перехід першого роду «неколінарної магнітної структури типу спінового скла в колінарний феромагнетизм» [1, 2].

Метою даної роботи є розширення, уточнення і узагальнення уявлень про мартенситну реакцію $\gamma \rightarrow \alpha$ перетворення в сталях і сплавах заліза.

Поділ сплавів заліза на «інварні» і «неінварні» – умовний. Це пов'язано з їх практичним використанням – переважно в околі кімнатних температур. Сплави Fe-Ni з іншими елементами, які не відносять до інварних, в області $\gamma \rightarrow \alpha$ переходу при низьких температурах мають також аномально великі спонтанну і (або) вимушену магнітострикції. Тобто, це явище ширше, ніж прийнято вважати.

Уточнено розподіл ефективності впливу магнітного поля на зміщення мартенситної точки M_s сплавів Fe від величини M_s . Розглядається не безпосереднє зміщення ΔM_s в магнітному полі максимальної критичної напруженості H , а зміщення M_s на одиницю напруженості магнітного поля в окремих ділянках поля H .

Розглядається вплив магнітного поля на $\gamma \rightarrow \alpha$ перетворення в інварному сплаві Fe-24 ат.%Pt. Після гартування від високих температур цей сплав представляє собою неупорядкований твердий розчин. Відпал при середніх температурах приводить до виникнення надструктури Fe₃Pt, а характер мартенситного перетворення змінюється з атермічного (вибухового) на термопружний з ефектом пам'яті форми. Вплив магнітного поля на зміщення мартенситної точки в цих станах різний.

Порівняльний аналіз властивостей γ -фази сплавів Fe-Ni і Fe-Pt свідчить про відсутність в останніх магнітного фазового переходу як першого, так і другого роду. Зокрема, магнітострикція сплавів Fe-Ni аномально велика в широкій області температур від 0 К до точки Кюрі. На відміну від них неупорядковані сплави Fe-Pt мають аномально велику спонтанну і вимушену магнітострикції лише в околі кімнатних температур. Крім того, магнітні неоднорідності у γ -фазі сплавів Fe-Pt наразі не виявлені.

Таким чином, зародження типового мартенситу в сплавах Fe-Ni і Fe-Pt відбувається на відповідних дислокаціях тоді, як при магнітному фазовому переході першого роду – на концентраційних неоднорідностях з оптимальним співвідношенням атомів заліза і нікелю.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Zolotarevsky, I.V. Martensitic Transformation in Fe–Ni Alloys with Addition of Chromium, Manganese, and Carbon in High Magnetic Fields / I.V. Zolotarevsky, M.O. Schetinina, O.I. Zolotarevsky // Physics of Metals and Metallography. – 2021. – Vol. 122, № 2. – P. 127-136.

2. Золотаревский, И.В. Мартенситное превращение в системах на основе составов Fe-Ni в сильных магнитных полях / И.В. Золотаревский // Новые материалы и технологии в металлургии и машиностроении. – 2020. – № 2. – С. 22-29.