

НАУКОВО-ТЕХНІЧНА ІНФОРМАЦІЯ

ТЕРМОДИНАМІЧНІ АСПЕКТИ ПРОТИЛЕЖНОГО ВПЛИВУ Mn I Ni НА МАГНІТНИЙ СТАН АУСТЕНІТУ

Нікель і марганець є основними аустенітоутворюючими елементами в аустенітних сталях. Різний вплив зазначених елементів на магнітний стан нікелевого (хромонікелеві сталі) і марганцевого (високомарганцеві сталі) аустеніту можливо пояснити з точки зору магнетизму, а саме, оскільки нікель є феромагнетиком, а марганець – антиферомагнетиком. Атомно-магнітний стан аустеніту визначається питомою парамагнітною сприйнятливістю χ_0 . Графіки, що наведені на рис. 1 показують, що парамагнітна сприйнятливість аустеніту при додаванні у сталь з певною металевою матрицею нікелю (сталі X17H(12...16)) або марганцю (сталі 110Г(8...13)Л) змінюється протилежним чином: в хромонікелевих сталях цей показник збільшується, а в високомарганцевих – зменшується [1]. Це свідчить про те, що енергетика загартованого аустеніту обов'язково повинна змінюватися у напрямку зменшення термодинамічного потенціалу певного виду.

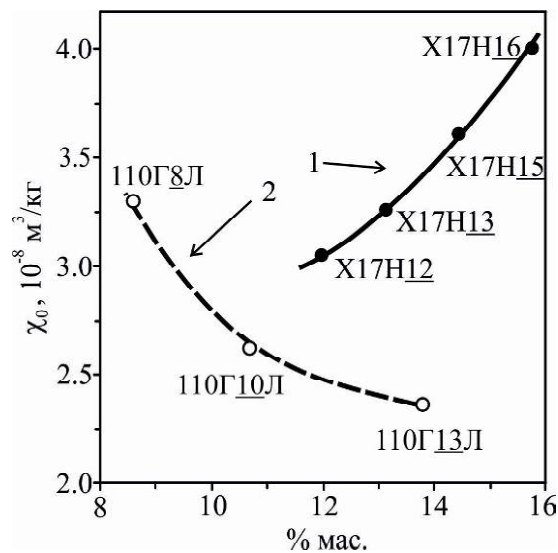


Рис. 1. Вплив вмісту нікелю (крива 1) на зміну атомно-магнітного стану нікелевого аустеніту і вмісту марганцю (крива 2) на зміну атомно-магнітного стану (параметр χ_0) марганцевого аустеніту

Спробуємо пояснити поведінку магнітної сприйнятливості χ з позицій статистичної термодинаміки. Оскільки ми маємо справу з аустенітним колоїдним розчином (кластерний тип [2]), то повинна існувати залежність термодинамічного потенціалу від конфігураційної ентропії (S) та зовнішніх факторів (у нашому випадку – магнітної напруги H):

$$dG^* = dE(S, H) = TdS + MdH, \quad (1)$$

Знак плюс у другому члені рівності (1) пов'язаний з тим, що у цьому випадку з боку зовнішнього фактора здійснюється протидія стану аустеніту (процес намагнічування).

При додаванні у металеву систему (аустеніт) легувальних елементів (Ni або Mn) у відповідності з принципом зворотного від'ємного зв'язку згаданий потенціал повинен зменшуватися.

Якщо привести цей потенціал G^* до відповідного інтегралу магнітної взаємодії, то при зростанні або зменшенні ентропії буде змінюватись у певному напрямку і магнітна сприйнятливість χ . Тобто при зміні лівої та правої частини наведеної рівності (за принципом Лежандра) на величину диференціалу $-d(M \cdot H)$ матимемо таке співвідношення (з урахуванням того, що $M = \chi \cdot H$):

$$0 > dG^* = d(E - HM) = TdS - H^2 d\chi, \quad (2)$$

Тепер розглянемо два варіанти цієї нерівності при зміні хімічного складу сплавів стосовно Ni чи Mn:

a) $dS > 0$ і $d\chi > 0$, при цьому

$$|-H^2 \Delta\chi| > TdS ;$$

б) $dS < 0$ і $d\chi < 0$, при цьому

$$H^2 \Delta\chi < |TdS|.$$

Ці нерівності можуть бути пояснені певними змінами в структурі аустеніта внаслідок зміни намагніченості.

Отже збільшення c для хромонікелевих сталей можна пояснити тим, що кількість і розподіл кластерів феромагнітного типу поступово збільшується зі збільшенням нікелю. При цьому аустеніт перетворюється у колоїдний розчин з максимальною ентропією.

Для високомарганцевих сталей зменшення ентропії пов'язано зі зменшенням карбідів феромагнітного типу $(Fe, Mn)_3C$ або $(Mn, Fe)_3C$ (при їх розчиненні в аустеніті), але при цьому завдяки зменшенню парціального хімічного потенціалу вуглецю у присутності марганцю відбувається утворення потужних антиферомагнітних кластерів (за участю вуглецю), що потребує зменшення магнітної сприйнятливості.

Список літератури

1. Ol'shanetskii V. E. Structural and magnetic stability of austenite in chromium-nickel and manganese steels with cold deformation / V. E. Ol'shanetskii, G. V. Snezhnoi, V. N. Sazhnev // Metal Science and Heat Treatment. – 2016. – Vol. 58. – № 5. – P. 311–317.
2. Ольшанецкий В. Ю. О магнитном упорядочивании кластерных зон в аустенитных сталях при изменении их состава или деформационном воздействии / В. Е. Ольшанецкий, Г. В. Снежной // Нові матеріали і технології в металургії та машинобудуванні. – 2019. – № 2. – С. 100–101.

Одержано 14.12.2020

Д-р техн. наук Г. В. Сніжної, д-р техн. наук В. Ю. Ольшанецкий

Національний університет «Запорізька політехніка», м. Запоріжжя

Snizhnoi G., Ol'shanetskii V. Thermodynamic aspects of the opposite effect of Mn and Ni on the magnetic state of austenite

СМС-КОМПОЗИТИ: ХАРАКТЕРИСТИКИ, СУЧАСНИЙ СТАН ТА ПЕРСПЕКТИВИ ВИРОБНИЦТВА, ЗАСТОСУВАННЯ

Основними напрямками в покращенні експлуатаційних характеристик авіаційних двигунів є підвищення температури робочого циклу та зниження маси конструкції. На сьогодні у світі проводиться активний пошук нових високо-температурних композиційних матеріалів і технологій виготовлення з них деталей [1]. Новий клас перспективних високотемпературних композиційних матеріалів (КМ) – керамоматричні композиційні матеріали (СМС-композити). На сьогодні створені основи синтезу і технології поєднання складноутворювальних, керамічних, склокерамічних, склокристалічних матриць з вуглецевими джгутами, тканинами, ниткоподібними кристалами та волокнами карбіду кременію, діоксиду кременію, оксиду алюмінію та іншими армувальними компонентами [2].

Питома вага надлегких СМС-композитів складає лише третину питомої ваги металевих сплавів, що дозволяє при їх використанні суттєво підвищити експлуатаційні характеристики двигунів, довговічність і паливну економічність. СМС-композити, окрім високих міцності, тріщиностійкості, хімічної інертності та корозійної стійкості, характеризуються набагато більш значною теплостійкістю, ніж металеві сплави, тому потребують подання меншої кількості повітря для охолодження гарячої частини двигуна. За рахунок використання зменшеної кількості повітря у газоповітряному тракті при робочому циклі підвищується коефіцієнт корисної дії (ККД) двигуна. Прогнозується, що потреба в СМС-композитах протягом наступного десятиріччя збільшиться мінімум у 10 разів.

Наступним кроком у виробництві перспективних літаків стає перехід на виготовлення 100 % композитного силового набору фіюзеляжу. Застосування як матриць смол з більш високою гнучкістю, прогнозовано забезпечить поліпшення поглинання ударних навантажень.