

УДК 669.1: 539.5: 539.4

Сажнев В.М.¹, Сніжної Г.В.² Сажнев А.В.³

¹ канд. техн. наук, доцент, НУ «Запорізька політехніка», Запоріжжя

² д-р техн. наук, професор, НУ «Запорізька політехніка», Запоріжжя

³ магістр гр. ІФ-513м, НУ «Запорізька політехніка», Запоріжжя

ВПЛИВ ВМІСТУ ФОСФОРУ НА УДАРНУ В'ЯЗКІСТЬ АУСТЕНІТНИХ МАНГАНОВИХ СТАЛЕЙ

Використання високоманганових сталей в якості зносостійкого матеріалу в багатьох галузях народного господарства для деталей машин, що піддаються зношуванню при статичних і динамічних навантаженнях самого різного рівня, спонукало вчених до проведення великої кількості досліджень по вивченню закономірностей впливу основних хімічних елементів, додаткового легування, модифікування на їх фізико-механічні властивості, зносостійкість, здібність до зміцнення, холодостійкість, мікро- і макроструктуру та ін. [1, 2]. Дослідження показали, що кожен елемент, який входить у хімічний склад сталі, надає певний вплив на її властивості. Також встановлено, що основні елементи хімічного складу сталі (вуглець, марганець, кремній, хром, нікель), вміст яких регламентується стандартами і технічними умовами, мають достатньо широкі інтервали по концентрації, що приводить до отримання сталей з властивостями, які можуть значно різнитися навіть у межах марочного складу. Тому, при виготовленні виливків ливарники використовують результати цих досліджень і встановлюють диференційно оптимальний хімічний склад в залежності від умов експлуатації деталей.

Стандартами і технічними умовами в сталях регламентується вміст як основних і легуючих компонентів так і шкідливих домішок (сірки і фосфору), при цьому, по шкідливим домішкам обмежується тільки верхній рівень їх концентрації. Максимально припустима концентрація фосфору найчастіше дорівнює 0.10-0.12 % і забезпечується проведенням технологічної операції дефосфорації і використанням різних марок феромангану при веденні плавки. Шкідливий вплив фосфору на властивості високомарганцевої сталі пояснюється утворенням крихких з'єднань фосфідів заліза та марганцу і складної карбофосфідної евтектики. Представляло інтерес проведення досліджень про можливість підвищення фізико-механічних властивостей сталей шляхом зменшення концентрації фосфору до 0.025% і нижче.

Плавки сталей 110Г8Л, 110Г10Л та 110Г13Л проводили в індукційній тигельній печі. Для отримання сталей з низьким (0,015-0.023 %,) і високим (0.092-0,130 %) вмістом фосфору застосовували метод порційної розливки, використовуючи одну вихідну плавку для кожної марки сталі. Вміст інших елементів витримувався в межах хімічного складу для сталі 110Г13Л за стандартом ДСТУ 8781:2018. Заливали піщані форми з литими зразками для

випробувань на ударну в'язкість, як основного показника надійності роботи деталей.

Зразки для випробовувань після відрізання ливників піддавали гартуванню у воді з 1050 °С. Для визначення ударної в'язкості зразки з U-подібним надрізом випробували на маятниковому копрі МК-30А згідно ДСТУ ISO 148-1:2022.

Зрівняння результатів досліджень впливу фосфору на ударну в'язкість досліджених сталей (усереднені значення Mn: 7.56 - 7.71 % для Г8, 9.31 - 9.79 % для Г10, 13.96 - 15.06 % для Г13) наведені на рис. 1. Аналіз результатів випробувань показав, що зниження вмісту фосфору приводить до підвищення ударної в'язкості у всіх марках сталі, при цьому проявляється більш ефективно в сталях з меншою концентрацією мanganу.

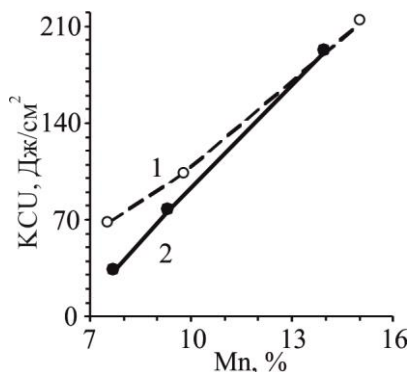


Рисунок 1 – Вплив вмісту фосфору (крива 1 – низький вміст, крива 2 – високий вміст) на ударну в'язкість КСУ сталей 110Г8Л (Mn: 7.56-7.71 %), 110Г10Л (Mn: 9.31-9.79 %), 110Г13Л (Mn: 13.96-15.06 %)

Дослідження мікроструктури сталей в литому стані показали, що неметалеві включення являли собою в більшості карбіди, а при високому вмісті в сталі фосфору також фосфіди, карбофосфіди, фосфідну евтектику. Зазвичай названі фази виглядають як скупчення на границях зерен. Схожу структуру називають «товстими» карбідами.

Після гартування сталі з низьким вмістом фосфору мали чисто аустенітну структуру з тонкими границями зерен. Сталі з високим вмістом фосфору після гартування мали теж аустенітну структуру, але з більш товстими границями зерен.

Товсті границі зерен можна пояснити наявністю в них фосфору у вигляді фосфідів, карбофосфідів, фосфідної евтектики, які звичайним

травленням не виявляються і які стають причиною низьких значень фізико-механічних властивостей сталей.

За час звичайного нагрівання і витримки гартування фосфіди з-за зниженої розчинності фосфору в аустеніті не встигають повністю перейти в метал і тим самим послаблюють пограничні зв'язки між зернами, погіршуючи основні характеристики сталі.

Вплив фосфору на ударну в'язкість в сталях з різним вмістом мангану можна пояснити складною взаємодією механізмів утворення мартенситу деформації, руху дислокацій, перебудови ґратиці в залежності від його концентрації. Підтвердження цього висновку потребує додаткових досліджень. У разі збільшення вмісту мангану вплив фосфору на фізико-механічні властивості нівелюється.

Список використаних джерел

1. Сажнів В. М., Сніжної Г. В. Вплив технологічних параметрів на фізико-механічні і експлуатаційні властивості зносостійкої аустенітної високоманганової криці. *Металофізика та новітні технології*. 2023. Т. 45. № 4. С. 503–522.

2. Ol'shanetskii V. E., Snezhnoi G.V., Sazhnev V. N. Structural and magnetic stability of austenite in chromium-nickel and manganese steels with cold deformation. *Metal science and heat treatment*. 2016. V.58. №5-6. P. 311-317.