

Вплив ступеня дисоціації аміаку на структуру та властивості неіржавіючих азотованих сталей

В.Г. Хижняк, доктор технічних наук, професор
Н.А. Курило, О.В. Більченко

Національний технічний університет України – КПІ, Київ

Досліджено вплив ступеня дисоціації аміаку на будову, склад та поверхневу твердість сталей 12X13, 40X13, 12X17 після газового азотування. Оптимальний ступінь дисоціації аміаку при температурі азотування 550 °С становить 25 – 35 %, забезпечує високу швидкість росту дифузійного шару та значну поверхневу твердість. Запропоновано ефективний технологічний режим азотування сталей з різними ступенями дисоціації аміаку.

Основними технологічними параметрами газового азотування сталей, які визначають будову та властивості дифузійного шару, є температура, тривалість процесу та ступінь дисоціації аміаку у робочому просторі печі [1 – 3]. У виробничих умовах питанню коректного вибору ступеня дисоціації аміаку не завжди приділяється належна увага. В багатьох випадках це пов'язується з відсутністю відповідних рекомендацій, а літературні дані ґрунтуються переважно на визначенні товщини і твердості азотованих шарів, залишаючи поза увагою експлуатаційні властивості виробів. В літературі відсутній також єдиний погляд щодо оптимальних значень ступеня дисоціації аміаку при азотуванні [1, 4, 5].

Виходячи з цього, метою роботи є дослідження впливу ступеня дисоціації аміаку на будову і деякі властивості азотованих шарів нержавіючих хромистих сталей 12X13, 40X13 і 12X17, які широко використовуються в енерго-, хімічному машинобудуванні, суднобудуванні та в інших галузях виробництва і потребують відповідного зміцнення.

Попередня термічна обробка складалася з операцій: для сталей 12X13, 40X13 – гартування від 1050 °С в масло з наступним відпуском при 700 °С; для сталі 12X17 – відпал при 780 °С та охолодження на повітрі.

Азотування здійснювали в лабораторній трубчатій печі в інтервалі температур 550 – 1050 °С в середовищі дисоційованого аміаку. Очищення поверхні зразків від оксидної плівки проводили на стадії нагрівання зразків від температури 350 °С до температури азотування в атмосфері дисоційованого чотирехлористого вуглецю. Депасиватор вводили в реакційний простір шляхом пропускання аміаку скрізь рідинний чотирехлористий вуглець. Дослідження щодо оптимізації ступеня дисоціації аміаку при азотуванні проводились для вказаних сталей при температурі насичення 550 °С.

Мікроструктуру азотованих шарів визначали на поперечних перерізах зразків за допомогою металографічного мікроскопу “Neophot – 21”, фазовий склад – на рентгенівському дифрактометрі ДРОН УМ-1 у хромовому випромінюванні. Характер розподілу елементів оцінювали за результатами мікрорентгеноспектрального аналізу на мікроскопі-мікроаналізаторі РЕММА-101 А. Товщину азотованих шарів визначали

Термічна і хіміко-термічна обробка

за даними розподілу мікротвердості, яку вимірювали на мікротвердомірі ПМТ-3 при навантаженні 0,5 Н. Твердість визначали за допомогою твердоміра Віккерса при навантаженні на інденторі 50 Н.

Результати досліджень впливу ступеня дисоціації аміаку на концентрацію азоту в поверхневій зоні, твердість та загальну товщину азотованих шарів наведено на рис. 1.

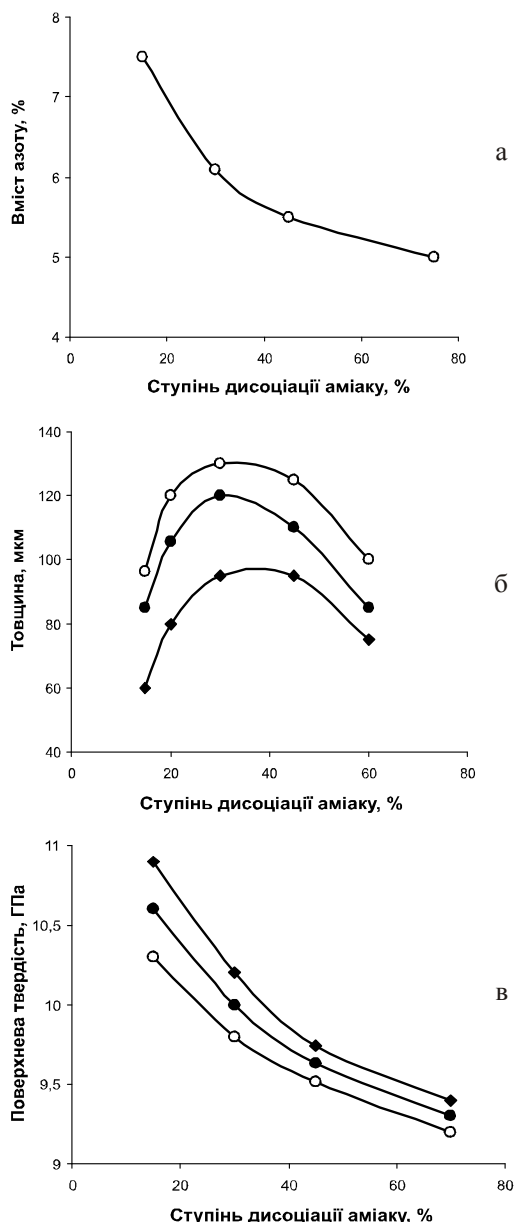


Рис. 1. Вплив ступеня дисоціації аміаку на вміст азоту (а), товщину (б) та поверхню твердість (в) азотованих шарів сталей. —○— сталь 12X13, —■— сталь 12X17, —●— сталь 40X13 (Т=550°С, τ =12 годин).

Показано, що максимальна концентрація азоту в поверхневій зоні (7,5 %) досягається при незначних ступенях дисоціації аміаку (15 %), а з підвищенням останнього зменшується.

а Встановлена для сталі 40X13 структура азотованого шару (рис. 2) характерна для всіх досліджуваних сталей. Щодо розподілу азоту в дифузійній зоні, то показано, що від максимальних концентрацій в поверхневому шарі вміст азоту монотонно зменшується з наближенням до центральних зон зразка. Відповідно змінюється і фазовий склад дифузійних шарів. Високоазотиста поверхнева зона складається з карбонітридів типу $(Fe, Cr)_3(N,C)$ (ϵ -фаза) і $(Fe, Cr)_4(N,C)$ (γ' -фаза) та має товщину не більшу за 15,0 – 18,5 мкм, що характеризується низькою травимістю (рис. 2). Далі розміщується основна за товщиною частина дифузійної зони - гетерофазна суміш азотистого фериту і високодисперсних нітридів хрому CrN та перехідна зона, основною складовою якої є азотистий ферит.

б Слід зазначити, що протяжність окремих зон може змінюватися залежно від марки сталі, тривалості азотування і ступеня дисоціації аміаку [1, 5 – 7]. Максимальна товщина дифузійних шарів, незалежно від хімічного складу сталі, має місце при ступенях дисоціації аміаку 30 – 40 % (рис. 1 б). Такий характер зміни товщини азотованого шару зумовлений неоднаковими умовами насичення сталей. При невеликих ступенях дисоціації (до 30 %) за короткий час насичення концентрація азоту в поверхневих зонах стає досить високою. Внаслідок цього утворюється щільний шар на основі нітридів, дифузія азоту скрізь нього зменшується, таким чином знижується швидкість росту покриття в цілому.

в

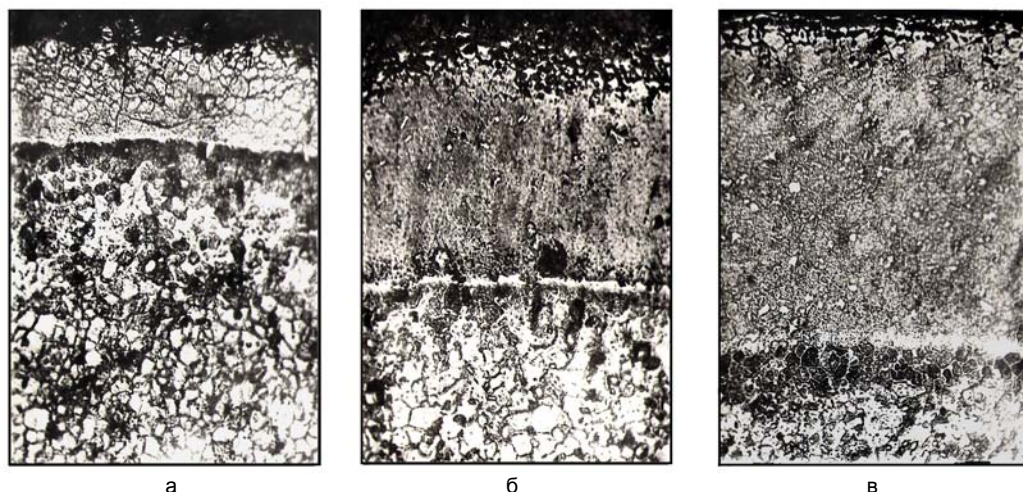


Рис. 2. Структура сталі 40X13 після азотування за режимами: а – $T = 550\text{ }^{\circ}\text{C}$, $\tau = 4$ год, б – $T = 550\text{ }^{\circ}\text{C}$, $\tau = 10$ год, в – $T = 650\text{ }^{\circ}\text{C}$, $\tau = 10$ год. Ступінь дисоціації аміаку 30 %. $\times 500$.

Зменшення товщини азотованого шару при ступенях дисоціації аміаку понад 40 % пов'язане зі зниженням концентрації азоту на поверхні сталей і зумовлене двома наступними причинами. По-перше, при великих ступенях дисоціації аміаку до виробів надходить менша кількість аміаку. По-друге, в насичуючій атмосфері при великому вмісті водню атоми останнього активно адсорбуються поверхнею виробів і ускладнюють адсорбцію азоту.

Таким чином, при великих ступенях дисоціації аміаку падіння концентрації азоту на поверхні зменшує градієнт концентрації азоту за товщиною дифузійної зони, тобто знижує швидкість росту азотованого шару. Крім того, за рівних технологічних параметрів азотування товщина дифузійного шару зменшується відповідно вмісту в сталі вуглецю та хрому.

Максимальна поверхнева твердість дифузійного шару з підвищенням ступеня дисоціації аміаку істотно знижується (рис. 1 в). За однакового режиму обробки твердість азотованої сталі 12X17 вища за твердість сталей типу X13 за рахунок більшої кількості в шарі високодисперсних нітридів CrN.

Можна вважати, що оптимальне зниження ступеня дисоціації аміаку при азотуванні сталей типу X13 та 12X17 становить 25 – 35 %. Це забезпечує максимальну швидкість росту дифузійного шару і високу поверхневу твердість сталей після азотування.

З підвищенням температури азотування оптимальне значення ступеня дисоціації аміаку закономірно змінюється (рис. 3). Цю залежність побудовано за умов отримання азотованих шарів максимальної товщини і поверхневої твердості.

З метою економії аміаку в роботі були випробувані також режими азотування з комбінованими

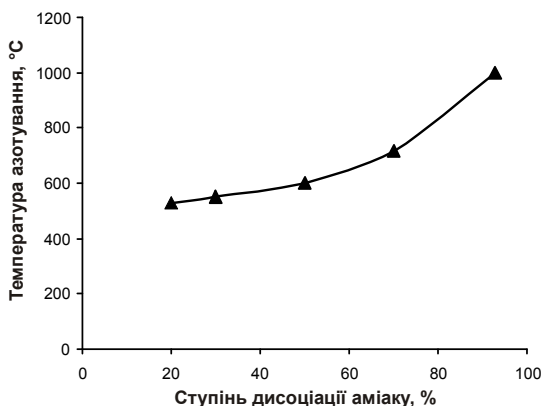


Рис. 3. Оптимальні значення ступеня дисоціації аміаку в залежності від температури азотування нержавіючих сталей типу X13 і X17.

варіантами ступеня дисоціації аміаку. Перспективним є режим азотування при 550 °С, коли в перші 2 – 5 годин ступінь дисоціації складає 15 – 20 %, а далі до кінця процесу 60 – 70 %. В результаті азотування за такою технологією твердість та товщина азотованих шарів залишаються практично такими ж, як і при ступені дисоціації аміаку 30 %, але значно зменшуються витрати аміаку.

Висновки Експериментальними дослідженнями впливу ступеня дисоціації аміаку при азотуванні на товщину та твердість дифузійних шарів сталей 12Х13, 40Х13 та 12Х17 встановлено оптимальний ступінь дисоціації аміаку при температурі процесу 550 °С – 25 – 35 %. При цьому забезпечується максимальна швидкість формування азотованого шару з високою поверхневою твердістю. Запропоновано новий ефективний режим азотування з різними ступенями дисоціації аміаку.

Література

1. Лахтин Ю.М., Коган Я.Д. Азотирование стали. – М.: Машиностроение, 1976. – 256 с.
2. Белоцкий А.В., Мохорт А.В., Пермяков В.Г. // Изв. вузов. Черн. металлургия. – 1966. – 5. – С. 147 – 151.
3. Borgioli F., Fossat A., Galvanetto E. // Surface and Coating Technology. – 2005. – 7. – P. 2474 – 2480.
4. Белоцкий А.В., Пермяков В.Г., Самсонюк И.М. // ФММ. – 1968. – 5. – С. 942 – 945.
5. Бильченко А.В., Пермяков В.Г. // МиТОМ. – 1969. – 11. – С. 39 – 43.
6. Бильченко А.В., Янчева С.А. // ФХММ. – 1980. – 3. – С. 112 – 114.
7. Хижняк В.Г., Бильченко О.В. // Металознавство та обробка металів – 2005. – 2. – С. 20 – 23.

Одержано 25.02.09

В.Г. Хижняк, Н.А. Курило, А.В. Бильченко

Влияние степени диссоциации аммиака на азотирование нержавеющей сталей

Резюме

Приведены результаты исследований влияния степени диссоциации аммиака на структуру, состав и поверхностную твердость нержавеющей сталей 12Х13, 40Х13, 12Х17 после азотирования. Оптимальная степень диссоциации аммиака при температуре азотирования 550 °С составляет 25 – 35 %, что обеспечивает высокую скорость роста диффузионного слоя и значительную поверхностную твердость. Предложен эффективный технологический режим азотирования сталей с разными степенями диссоциации аммиака.

V.G. Hignyak, N.A. Kurilo, A.V. Bilchenko

Influence of degree of ammonia dissociation on nitriding of stainless steels

Summary

The study of researches of influence of degree of ammonia dissociation on structure, composition and surface hardness of steels 12X13, 40X13, 12X17 after nitriding is presented. The optimum degree of ammonia dissociation at the temperature of nitriding (550 °C) is 25 – 35 % that provide fast growth of diffusive layer and considerable surface hardness. The effective technological regime of steels nitriding els is offered with the different degrees of ammonia dissociation.