

3) організація в процесі плавки кипіння ванни; 4) обробка металу вакуумом; 5) продування металу інертними газами. Шкідливий вплив водню і азоту знижується при введенні в метал домішок, що зв'язують водень і азот у міцні гідриди і нітриди (наприклад, при введенні РЗМ – церію, лантану при введенні значних кількостей алюмінію при виплавці сталі, що не старіють).

### **Перелік використаних джерел**

1. Величко О. Г., Стоянов О. М., Бойченко Б. М., Нізяєв К. Г. Технології підвищення якості сталі : підручник. Дніпропетровськ : Середняк Т. К., 2016. 196 с.

2. Металургія (проблеми, теорія, технологія, якість): підручник для вузів / П. С. Харлашин [та ін.]. Маріуполь: Вид-во ПДТУ, 2004. 723 с.

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-506-8-8>

## **DISSOLUTION OF NITROGEN IN STEEL**

### **РОЗЧИНЕННЯ АЗОТУ В СТАЛІ**

**Volokh S.V.,**

*student (group 136s-23-1m),  
LLC "Technical university  
"Metinvest polytechnic",  
Zaporizhzhia, Ukraine*

**Волох С.В.,**

*студент гр. 136С-23-1м,  
ТОВ «Технічний університет  
«Метінвест політехніка»,  
м. Запоріжжя, Україна*

**Stoianov O.M.,**

*PhD (Engineering),  
LLC "Technical university  
"Metinvest polytechnic",  
Zaporizhzhia, Ukraine*

**Стоянов О.М.,**

*к.т.н.,  
ТОВ «Технічний університет  
«Метінвест політехніка»,  
м. Запоріжжя, Україна*

У будь-якій сталі в деяких кількостях містяться елементи, які в звичайних умовах є газами. До них у першу чергу відносяться кисень, азот і водень, що значною мірою впливають на якість сталі. Процес проникнення газів у метал у формі атомів, іонів або з утворенням хімічних сполук у металургійній практиці зазвичай називають процесом розчинення газів у металі. Цей процес можна умовно розділити на кілька стадій: 1) масоперенесення газу до металу; 2) адсорбцію газу на поверхні

металу; 3) перехід через кордон газ – метал; 4) дифузію газу в тонкому шарі рідини, що неперемішується (дифузійному); 5) масоперенесення в товщу металу.

Таким чином, лімітуючим ланкою процесу розчинення газів у металі є або зовнішньодифузійна (підведення газу), або внутрішньодифузійна (масоперенесення в металі) області. У деяких випадках лімітуючим є адсорбційно-кінетична ланка (адсорбція на поверхні та перехід через граничний шар). Частіше лімітує ланкою процесу є внутрішньодифузійна область, проте необхідно враховувати, що, крім заліза і газу, що розчиняється, в металі завжди міститься більша або менша кількість домішок. Якщо третій компонент має поверхневу активність, він може суттєво впливати на інтенсивність переходу газу через кордон газ – метал. Також розчинність газів у металі залежить від температури.

Розглядаючи процес розчинення азоту в залізі можна зробити такі висновки: розчинність азоту в  $\alpha$ - та  $\delta$ -Fe зростає при підвищенні температури; розчинність азоту  $\gamma$ -Fe при підвищенні температури знижується, що пояснюється зниженням міцності нітриду  $Fe_4N$ ; розчинність азоту при переході з рідкого в твердий стан і з одного алотропічного стану в інший різко змінюється; розчинність азоту в рідкому залізі з підвищенням температури зростає. Процес розчинення азоту в рідкому залізі складається принаймні з двох ланок: дисоціації молекулярного азоту на атоми  $N_2 \rightarrow 2N$ , що супроводжується поглинанням тепла, та розчинення атомарного азоту  $N \rightarrow [N]$ , що супроводжується виділенням тепла. Оскільки  $\Delta H_{дис} > \Delta H_{роз}$ , то сумарний процес протікає з поглинанням тепла. При підвищених температурах спостерігається підвищення вмісту в металі азоту (наприклад, під час продувки металу технічним киснем з підвищеним вмістом азоту, у високотемпературній зоні дуги при обігріві електродів тощо). При  $1600\text{ }^\circ\text{C}$  та  $p_{N_2} = 0,1\text{ МПа}$  розчинність азоту в рідкому залізі близька до  $0,044\%$ . При цих температурах азот утворює із залізом розчин, близький до ідеального. Утворення нітридів заліза ( $Fe_4N$ ,  $Fe_2N$ ) відбувається в процесі охолодження металу, що закристалізувався (в основному в області  $\gamma$ -Fe). За впливом на розчинність азоту в рідкому залізі елементи-домішки металу можна розділити на дві групи:

I. Утворюючі міцні нітриди (ванадій, ніобій, лантан, церій, титан, алюміній). Ці елементи підвищують розчинність азоту в  $\gamma$ -залізі. Такі домішки, як хром, марганець, молібден, зазвичай нітридів не утворюють, але вони характеризуються більшою хімічною спорідненістю до азоту, ніж до заліза, тому також помітно збільшують розчинність азоту.

II. Не утворюють нітридів (вуглець, нікель, мідь, фосфор) або утворюють з азотом сполуки, менш міцні, ніж із залізом (кремній). Ці елементи помітно знижують розчинність азоту у залізі.

При охолодженні сталі, що містить азот, небажаним є стрибкоподібна зміна розчинів. При швидкому охолодженні азот не встигає виділитись і розчин стає пересиченим. Процес виділення надлишкового азоту протікає під час експлуатації готового виробу і в багатьох випадках призводить до погіршення властивості (старіння і пов'язане з цим стрибкоподібне підвищення міцності і зниження пластичних властивостей).

Наявність у залізі поверхнево-активних домішок помітно впливає процеси розчинення (і відповідно виділення) азоту. Так, наприклад, кисень є поверхнево-активною домішкою; присутність у розплаві кисню обумовлює існування поверхневого шару, багатого киснем, що знижує швидкість переходу азоту через кордон газ-рідкий метал, тому при малій мірі розкисленості і невеликому перегріві металу над ліквідусом процес анодації металу практично не відбувається.

### **Перелік використаних джерел**

1. Величко О. Г., Стоянов О. М., Бойченко Б. М., Нізяєв К. Г. Технології підвищення якості сталі : підручник. Дніпропетровськ : Середняк Т. К., 2016. 196 с.
2. Boychenko B. M. Converter production of steel: theory, technology, quality of steel, the facilities' design, recirculation of materials and environmental protection: textbook for students / B. M. Boychenko, V. B. Okhotskiy, P. S. Kharchashin ; Ministry of science and education of Ukraine, National academy of metallurgy of Ukraine. Donetsk: «Nord-Computer» publishers, 2008. 402 p.