

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ
ІНСТИТУТ МЕХАНІКИ ТА АВТОМАТИКИ АПВ НААН
ДЕРЖАВНИЙ БІОТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**



***ЗБІРНИК
ТЕЗ ДОПОВІДЕЙ***

***X Міжнародної науково-технічної конференції з нагоди
116-ї річниці від дня народження
доктора технічних наук, професора,
члена-кореспондента ВАСГНІЛ,
віцепрезидента УАСГН
КРАМАРОВА
Володимира Савовича
(1906-1987)***

«КРАМАРОВСЬКІ ЧИТАННЯ»

***23-24 лютого 2023 року
м. Київ***

хромомарганцовисті, хромомолібденові та інші сталі, які поряд з високими механічними властивостями мають підвищені показники зносостійкості.

При збільшенні вмісту вуглецю підвищуються твердість і міцність та зменшуються пластичність і в'язкість. Марганець підвищує зносостійкість сталі. Крім цього, марганець та кремній розчиняються у фериті і підвищують його твердість та міцність. Молібден суттєво збільшує міцність сталі, зміцнюючи феритну основу і підвищуючи дисперсність структури, а також знижує схильність сталі до відпускнуї крихкості. Хром підвищує зносостійкість та міцність сталей. Нікель підвищує міцність сталі при одночасному збільшенні пластичності та в'язкості, зменшує чутливість до концентраторів напружень та знижує температуру порогу холодноламкості. Легування сталей невеликою кількістю титану, ванадію, ніобію (0,05-0,15%) подрібнює зерно, що знижує поріг холодноламкості та чутливість до концентраторів напружень. При більшому вмісті цих елементів опір сталі крихкому руйнуванню зменшується внаслідок виділення великої кількості карбідів по границях зерен.

У випадках, коли метал-основа виконує переважно технологічні функції (основа для кріплення до корпусу, конструктивним елементам обладнання та інше) доцільно використовувати низьковуглецеві сталі, які мають високі показники пластичних властивостей, ударної в'язкості, опору утомленості, надійну зварюваність, низький поріг холодноламкості. Відсутність значних ударних навантажень дозволяє використовувати в якості металу-основи середьовуглецеві сталі, які по зрівнянню з низьковуглецевими мають більш високу міцність при більш низькій пластичності. В умовах підвищених вібрацій та ударно-динамічних навантажень у якості металу-основи раціонально використовувати матеріали, що мають високі демпфіруючі властивості.

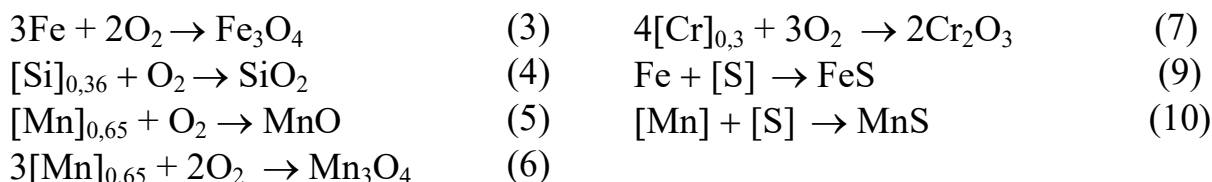
УДК 621.78

УТВОРЕННЯ ОКСИДІВ НА МІЖФАЗНИХ ПОВЕРХНЯХ ЗАЛІЗОВУГЛЕЦЕВИХ СПЛАВІВ

Є. Г. АФТАНДІЛЯНЦ, доктор технічних наук, професор
Національний університет біоресурсів і природокористування України
E-mail: aftyev@yahoo.com

На поверхні вуглецевих сталей 25 Л, 30 Л, і 45 Л під дією кисня повітря можливо окислення заліза, вуглецю, кремнію, марганцю, хрому, сірки та фосфору. Можливі також реакції взаємодії заліза та марганцю із сіркою з утворенням сульфідів заліза і марганцю:

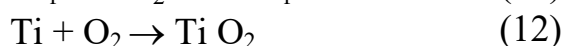




Розрахунки показують, що на поверхні сталей 25 Л, 30 Л, 45 Л можливе утворення твердофазних оксидів заліза, кремнію, марганцю та хрому. Найбільш ймовірними є окислювання хрому до Cr_2O_3 - реакція (7), заліза до Fe_3O_4 - реакція (3), кремнію до SiO_2 - реакція (4), а також при температурах ~ 1600 К и нижче заліза до Fe_2O_3 - реакція (2). При зниженні температури з 1800 до 1600 К імовірність реакції (2) різко збільшується, а ізобарний потенціал зменшується: $\Delta Z_{1800} = -184$ кДж/моль, а $\Delta Z_{1600} = -822$ кДж/моль. Реакції (5) - окислювання марганцю до MnO , і (1) - окислювання заліза до FeO , є менш ймовірними, тому що ізобарний потенціал цих реакцій значно більше. У конденсованому стані знаходяться сульфіди заліза та марганцю, реакції (9) і (10). Реакція (9) утворення сульфїду заліза менш ймовірна, ніж реакція (10) утворення сульфїду марганцю, тому що $\Delta Z = -60$ кДж/моль реакції (9) більше, ніж $\Delta Z = -175$ кДж/моль реакції утворення сульфїду марганцю.

Неможлива реакція (6) - окислювання марганцю до Mn_3O_4 при зниженні температури від 1800 до 1500 К. Ця ж реакція можлива при температурах менше 1500 К, а при $T = 1400$ К $\Delta Z = -800$ кДж/моль, що є значною величиною, реакція є найбільш ймовірною.

На поверхні низьколегованих сталей 35ХГСЛ, 35ХМЛ, 30Х2МЛ, 30ХГТ, 35ХНЛ, 25ГСЛ можливе окислення заліза, вуглецю, кремнію, марганцю, хрому, молібдену, нікелю, титану, сірки та фосфору. До вже розглянутих реакцій (1-10) додаються реакції окислювання молібдену, нікелю та титану:

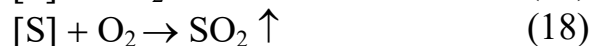
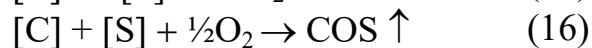
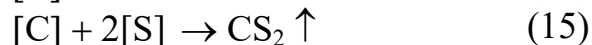


Значення ізобарного потенціалу для реакцій (1-10) будуть іншими в порівнянні з вуглецевими сталями у зв'язку з відмінностями по хімічному складу окремих елементів.

Розрахунки показують, що найбільш ймовірними є реакція (7) - окислювання хрому до Cr_2O_3 реакція (13) - окислювання титану до Ti_2O_3 , реакція (12) - окислювання титану до TiO_2 (рутил), реакції (8) і (3) окислювання молібдену до MoO_3 і заліза до магнетиту, реакція (4) - окислювання кремнію до SiO_2 , а також реакція (3) - окислювання заліза до гематиту в температурному інтервалі 1650 - 1400 К. Менш ймовірними є реакція (5) - окислювання марганцю до MnO , реакція (1) - окислювання заліза до в'юститу, реакція (10) утворення сульфїду марганцю, реакція (11) - окислювання нікелю до NiO , а також реакція (9) утворення сульфїду заліза. Малоімовірна реакція (6) - окислювання марганцю до Mn_3O_4 при температурах 1800-1600 К. В інтервалі температур 1600-1500 К ця реакція

неможлива, а при температурі нижче 1500 К імовірність реакції зростає, $\Delta Z_{1400} = -800$ кДж/моль.

При окислюванні сталей металу-основи на міфазній поверхні „Me1 – газова фаза” можливо утворення газоподібних продуктів по реакціях:



Розрахунки свідчать, що на міжфазній поверхні вуглецевих та низьколегованих сталей можливе утворення газоподібних оксидів вуглецю CO_2 , кремнію SiO , сірки SO та SO_2 , фосфору PO , а також утворення CS_2 та COS .

Найбільш ймовірними є реакції утворення двооксиду вуглецю - реакція (14), реакція (18) – утворення двооксиду сірки SO_2 , а також реакція (14) - утворення COS . Менш ймовірної є реакція (17) – утворення оксиду сірки SO та реакція (19) утворення оксиду кремнію SiO . Реакція (15) утворення CS_2 є менш ймовірною зі зниженням температури і нижче 1500 К вона мало ймовірна, а при температурі 1400 К – неможлива. Реакція (20) утворення оксиду фосфору мало ймовірна і при зниженні температури ізобарний потенціал її збільшується.

На поверхні сталей металу-основи в інтервалі температур 1800-1400 К протікають реакції, що мають різний ізобарний потенціал при визначеній температурі. Це дозволило вибудувати їх в ряд у порядку від найбільш ймовірної до менш ймовірної. Номера на гістограмі відповідають номерам реакцій.

Реакція (6) при температурах 1600 і 1500 К неможлива. Інші реакції мають різну імовірність. Так, реакція (7) у цьому температурному інтервалі найбільш ймовірна, а реакції (9) і (6) найменш ймовірні в інтервалі 1800-1500 К, а при $T = 1400$ К вона є найбільш ймовірною після реакцій (7) і (2).

При зниженні температури поверхні вуглецевих сталей ізобарний потенціал більшості реакцій зменшується, а імовірність цих реакцій збільшується.

Ряд імовірностей реакцій змінюється при зниженні температури в інтервалі 1800-1400 К. Імовірність одних реакцій може падати, а інших збільшуватися. Для вуглецевих сталей ряд імовірностей при температурах 1800-1400 К представлений у табл. 1.

Для низьколегованих сталей ряд імовірності представлений у табл. 2.

Встановлено, що на поверхнях вуглецевих та низьколегованих сталей, що входять до складу біметалевих пар, в інтервалі температур 1800-1400 К внаслідок протікання реакцій окислення утворюються наступні твердофазні оксиди: FeO , Fe_2O_3 , Fe_3O_4 , SiO_2 , MnO , Mn_3O_4 , Cr_2O_3 , MoO_3 , NiO , TiO_2 , Ti_2O_3 . В

якості газоподібних продуктів реакцій утворюються CO_2 , CS_2 , COS , SO , SO_2 , SiO , PO .

Таблиця 1 – Ряд імовірностей реакцій окислювання й утворення сульфідів заліза та марганцю на міжфазній поверхні „Me1- газова фаза” для вуглецевих сталей

Т,К	Ряд імовірності реакцій									
1800	7	3	4	5	10	1	2	9	6	
1700	7	3	4	2	5	1	10	9	6	
1600	7	2	3	4	5	10	1	9	6*	
1500	7	2	3	4	5	10	1	9	6*	
1400	7	2	6	3	4	5	1	10	9	

*Реакція неможлива.

Таблиця 2 – Ряд імовірностей реакцій окислювання й утворення сульфідів заліза та марганцю на міжфазній поверхні „Me1 - газова фаза” для низьколегованих сталей 35ХГСЛ, 35ХМЛ, 25ГСЛ, 35ХНЛ

Т, К	Ряд імовірності реакцій										
1800	7	8	3	4	5	10	1	2	11	9	6
1700	7	8	3	4	2	5	1	10	11	9	6
1600	7	2	3	8	4	5	10	1	11	9	6
1500	7	2	8	3	4	5	10	1	11	9	6
1400	7	2	6	8	3	4	5	1	10	11	9

Показано, що на поверхнях високолегованих сплавів робочого шару в інтервалі температур 1700-1100 К внаслідок протікання реакцій окислювання утворюються наступні твердофазні оксиди: FeO , Fe_2O_3 , Fe_3O_4 , SiO_2 , MnO , Mn_3O_4 , MnSiO_3 , Cr_2O_3 , MoO_3 , V_2O_3 , TiO_2 (рутіл), Ti_2O_3 , CuO , Cu_2O , NiO . В якості газоподібних продуктів реакцій утворюються CO_2 , CS_2 , COS , SO , SO_2 , SiO , PO .