

УДК 621.785

Кір'янова К. О., Сердітов О.Т., к.т.н., доц., Ключников Ю.В., к.ф.-м.н., доц.  
Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Київ, Україна, e-mail: [yu.klyuchnikov@gmail.com](mailto:yu.klyuchnikov@gmail.com)

## ДИFUЗІЙНЕ НАСИЧЕННЯ СТАЛІ І ЧАВУНУ КАРБІДОУТВОРЮЮЧИМИ ЕЛЕМЕНТАМИ

Цінними властивостями (високою зносо- і корозійною стійкістю, тепло- і жаростійкістю) володіють карбіди перехідних металів [1,2].

Карбідний шар, одержуваний при дифузійній металізації перехідними металами, крім хрому, вивчений недостатньо. Титанування і ванадіювання підвищують зносостійкість сталі більшою мірою, ніж хромування.

Карбідні шари на поверхні металів були отримані осадженням карбідів з газової фази [3].

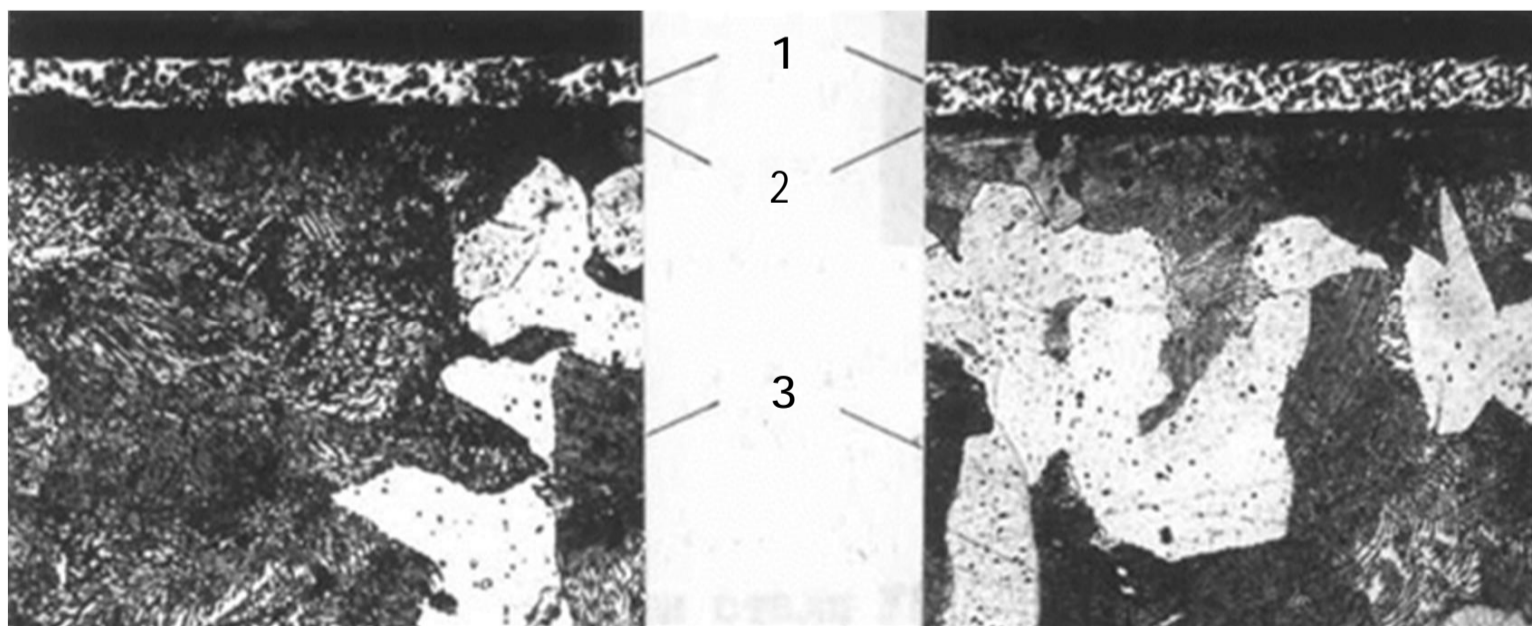
У роботі досліджено процес дифузійної металізації вуглецевої сталі 45 і чавуну СЧ 21-40 низкою перехідних металів: титаном і ванадієм.

Насичення карбідоутворюючими елементами сталі і чавуну здійснювали в герметичних вакуумованих контейнерах при температурі  $950^{\circ}\text{C}$ - $1250^{\circ}\text{C}$ , тривалістю 2-4 години. Для нанесення карбідних покриттів застосовували порошки металів  $\text{Ti}$  та  $\text{V}$ , карбюризатор і  $\text{CCl}_4$ .

Вивчено мікроструктури, розподіл мікротвердості і легуючих елементів по глибині, кінетика процесу і фазовий склад дифузійного шару.

Дослідження показали, що процес дифузійної металізації на сталях і чавунах подібний, і результати його якісно ідентичні.

Рентгеноструктурним аналізом встановлено, що при прийнятих умовах нанесення на сплавах утворюються покриття з карбіду титану ( $\text{TiC}$ ) і карбіду ванадію ( $\text{VC}$ ). Ці покриття металографічна можна виявити у вигляді світлої нетравлящейся смуги, паралельної фронту дифузії і має рівну межу розділу з металом. Під карбідним покриттям знаходиться тонка перехідна зона, яка має вигляд сілнотравлящейся прошарку і розташована паралельно фронту дифузії (Рис.1). Перехідна зона має мікротвердість менше мікротвердості карбідного покриття, але вище твердості нелегованого фериту і перліту.



$1050^{\circ}\text{C}$ ;  $7 \cdot 10^3$ сек

$1050^{\circ}\text{C}$ ;  $10^4$ сек

Рис. 1. Мікроструктури сталі 45 з покриттями з карбіду ванадію (х 300; 1 - покриття, 2 - перехідна зона, 3 - сталь).

Слід зазначити, що на чавуні глибина карбідного шару значно більше, ніж на сталі, і що важливо, в чавунах перехідна зона є не завжди.

Зміна температури і тривалості процесу впливає на структуру і товщину шару, проте не впливає на фазовий склад. Дослідження кінетики процесів при різних температурах показало, що на сталі і чавуні залежність глибини дифузійного шару від температури процесу носить експонентний характер, від тривалості процесу - параболічний.

З аналізу діаграми стану [4] випливає, що фази TiC і VC, виявлені в покриттях, не відрізняються від фаз, які присутні в них при температурі нанесення. Тому фази TiC і VC є рівноважним, і при охолодженні сталі і чавуну до кімнатної температури не зазнають перетворень. Для насичення титаном і ванадієм можна рекомендувати дифузійне насичення при температурі 1000 ° C-1050 ° C і тривалості 2-4 години, що забезпечує отримання якісних шарів найбільшої глибини, міцно зчеплених з основою на сталі і чавуні.

В роботі було вивчено мікрохрупкість карбідних покриттів, яку визначали за методикою [5], що полягає в кількісному вивченні зони крихкого руйнування поверхні сплавів (табл.1).

Вимірювання термоемісійних властивостей (роботи виходу електронів з карбідних шарів) проводили за допомогою скляних ламп з плоскою геометрією електродів на установці безперервного відкачування в вакуумі (табл.1).

Таблиця 1.

Механічні і термоемісійні властивості покриттів на сплавах

Тип покриття	Марка сплаву	Оптимальне навантаження, кг	Показник мікрокрихкості, $\gamma \times 10^3$	Мікротвердість, МПа	Робота виходу, эВ
TiC	Сталь 45	0,060	0,58	29000	4,33
	СЧ 21-40	0,060	0,60	28500	4,30
VC	Сталь 45	0,060	0,23	26500	4,30
	СЧ 21-40	0,060	0,25	26000	4,27

**За результатами проведених досліджень можна зробити такі висновки.**

Результати цього дослідження узгоджуються з результатами дослідження процесу насичення перехідними металами борованої сталі [6]. Бориди перехідних металів утворюються при насиченні тими ж елементами, що і карбіди. На підставі цього можна припустити, що взаємодія елементів потрійної системи «перехідний метал-Fe-C» ідентична взаємодії їх в системі «перехідний метал-Fe-бор».

#### Список використаних джерел

1. Линкевич А.Н. Химико-термическая обработка металлов и сплавов «Машиностроение» М., 1965.
2. Киндрачук М.В., Кульгавый Э.А. Трибологические процессы в гетерогенных системах// Пробл. тертя та зношування. – К., 2007. – Вип. 48. – с. 39-54.
3. Лоскутов В.Ф., Пермьяков В.Г., Бякова А.В., Сердитов А.Т. Способ нанесения на поверхность металлов и сплавов покрытий на основе карбида титана. Авторское свидетельство №963317.
4. Диаграмма состояния двойных систем на основе Fe. Справ. изд./ О. Кубашевский; Пер. с англ. – М.: Металлургия, 1985. – 184 с.
5. Соболев О.В. Механічні властивості покриттів на основі титану. – К. ІМФ НАН України, 2005. – 80 с.
6. Земсков Г.В., Коган Р.Л., Шевченко Н.М. – В кн.: Металлофизика, 41. «Наукова думка», К., 1972. 4.