

УДК 621.793

Д. І. Кушнір, О.Т.Сердітов, Ю.В. Ключников

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», м. Київ, Україна

### **Отримання карбідних дифузійних шарів на сплавах та їх кавітаційна стійкість в напруженому стані**

Дифузійне насичення титаном застосовується для підвищення твердості та спротиву руйнуванню від корозії та гідроерозії сталевих деталей [1].

Мета даної роботи – дослідження будови та властивостей дифузійних шарів на сірих чавунах.

Дифузійному насиченню піддавали сірий чавун СЧ 18-36 та СЧ 28-48. Для титанування застосовували методику що була розроблена в [2]. Насичення титаном проводили в порошкоподібних сумішах складом: маловуглецевий феротитан (титан) – 80%, плавиковий шпат – 15%, фтористий натрій – 5%. Дифузійне насичення відбувалося при температурах 900-1100 °С протягом 4-14 годин. Дифузійне титанування відбувалося в сталевих патронах. Очищені від оксидів зразки розміщували під шаром реакційної суміші товщиною 20-30 мм. З двох кінців патрона зверху реакційної суміші заливали шар плавикового шпату, який захищав від окиснення. Патрони закривали кришками, при цьому дотримувалися умови герметичності.

Застосування плавких затворів для герметизації патронів при дифузійному титануванні не дали позитивних результатів. У випадку застосування плавких затворів велика частина титану реагує з кремнієм. Відбувається інтенсивне насичення титаном і кремнієм кришки сталевого патрона, а кількість титана в суміші стає недостатньою для утворення дифузійного покриття на зразках.

Після завершення процесу титанування в порошкоподібних сумішах, що містять в якості активуючих добавок фтористі з'єднання, на поверхні зразків сірого чавуна утворюється щільне покриття сірого кольору без сліду оксидів. В процесі дифузійного насичення спостерігається збільшення ваги і розмірів зразків. Встановлено, що для отримання оптимального шару на сірих чавунах процес титанування необхідно проводити при температурі 950-1050 °С протягом 10 годин.

В процесі дослідження встановлено, що титанування сірого чавуну супроводжується зміною його структурних компонентів, форми і розмірів графітових включень. В зонах близьких до поверхневого шару, графітові включення мають глобулярну форму.

Рентгеноструктурний аналіз показав наявність дифузійного шару TiC, титанідів заліза TiFe<sub>2</sub>, TiFe, α – твердого розчину.

Зона з підвищеною концентрацією титана становить 50-120 мкм при загальній глибині шару 0,5-1,0 мм.

Товщина дифузійного титанованого шару залежить від температури і тривалості процесу. Її можна розрахувати базуючись на загальних уявленнях про процес дифузії в твердих тілах за рівнянням [2].

$$r = 2\sqrt{Ate}^{-\frac{B}{2T}}$$

Порівняльні дані товщини дифузійних шарів, отриманих експериментально і обчислених за рівнянням при різних температурах і тривалості процесу титанування 8 годин приведені в табл. 1.

Таблиця 1

Зміна товщини дифузійного шару при титануванні сірого чавуна СЧ28-48 в залежності від температури

t, °C	Товщина дифузійних шарів, мкм	
	Експериментальна	Розрахункова
900	69,0	72,6
950	80,0	80,0
1000	90,0	88,9
1050	95,0	97,4
1100	105,0	105,2

В роботі були вивчені механічні характеристики дифузійних титанових шарів на сірих чавунах.

Зразки з титанованою поверхнею піддавали випробуванням на розтяг.

Механічні випробування зразків показали, що границя міцності  $\sigma$  при розтягу збільшилась до 260-280 МПа у порівнянні з 180 МПа у вихідному чавуні.

Дифузійні шари титану на зразках сірого чавуна випробовували на кавітаційну стійкість в ненапруженому стані на струєударній установці [3] при окружній швидкості 50 м/г., діаметр сопла 5 мм, відстань від сопла до зразка 25 мм, в прісній воді при постійному напорі 20 кПа.

Плоскі зразки розміром 12×3×40 мм мали шорсткість поверхні  $R_a = 0,63$ . Напруження розтягу і стиску виконували в спеціальних оправках, по схемі «чистого» згину і контролювали по стрілці прогину індикатором числового типу з ціною поділки 0,002 мм. Кавітаційну стійкість оцінювали по втратах маси зразка в одиницю часу. Період кавітаційної стійкості визначали методом [4].

Основні результати порівняльних досліджень кавітаційної стійкості без напружень і під напруженнями чавуна СЧ28-48 без покриття і після дифузійного титанування представлені на рис. 1 і в таблиці 2.

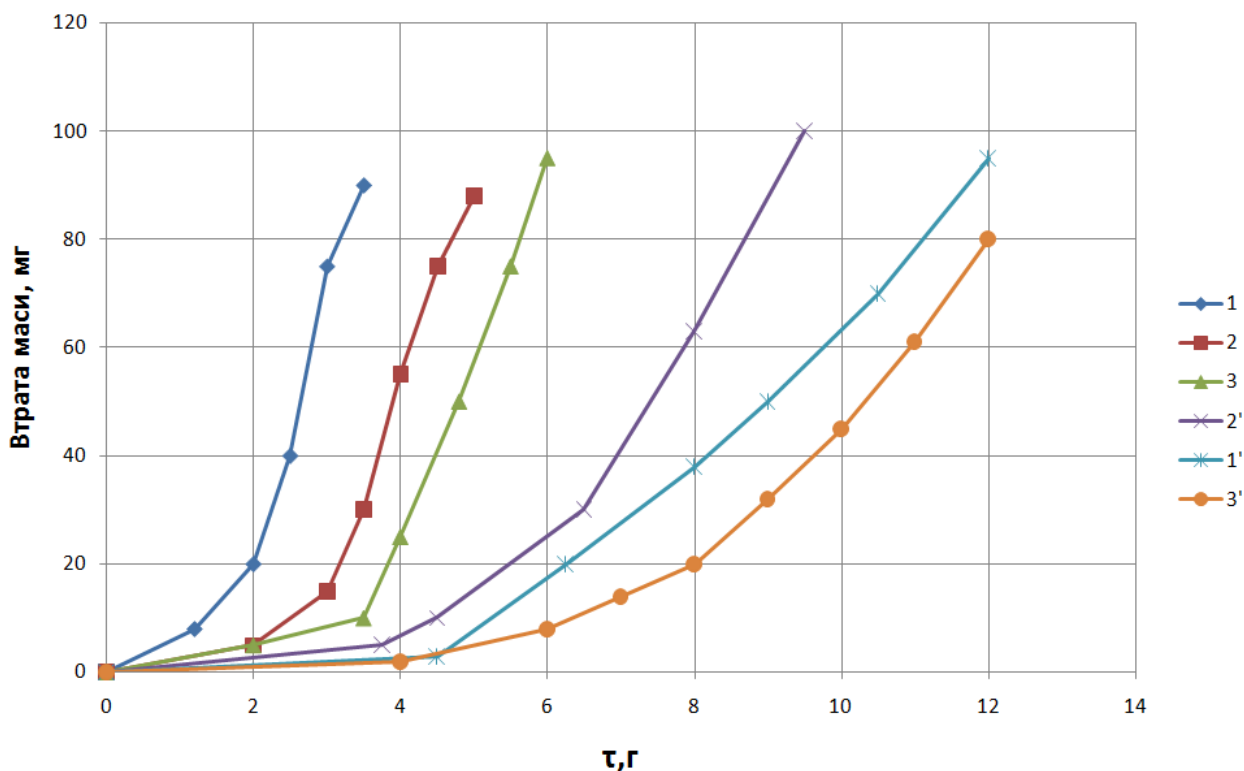


Рис. 1 Кінетичні криві кавітаційних досліджень чавуна СЧ28-48 без покриття (1-3) і з покриттям (1'-3') під навантаженням 1,1'-  $\sigma=0$ ; 2,2'-  $\sigma=200$  МПа; 3,3'-  $\sigma=150$  МПа

Аналіз результатів показує, що ефективність покриття зберігається у всьому діапазоні досліджуваних величин напружень як при розтягу так і при стиску. Кавітаційна стійкість титанованого чавуна підвищилась в 2,3-3 рази. Дифузійний титанований шар зменшує інтенсивність ерозійного процесу, про що свідчить більший період стійкості при всіх значеннях прикладеного навантаження (див. табл. 2) і менший кут нахилу кривих титанованих зразків (див. рис. 1).

На зразках сірого чавуну СЧ28-48 вивчали опір пари чавун-чавун зношуванню при сухому терті з швидкістю 6 м/сек і температурі 20 °С. При дослідженнях встановлено, що зносостійкість титанованих зразків в чотири-пять рази вище ніж вихідних.

Таблиця 2

Зміна кавітаційної стійкості титанованого і нетитанованого сірого чавуна СЧ28-48 в залежності від величини і знака прикладених навантажень, мкм

Вид навантаження	Величина навантаження, МПа	Чавун без покриття $\tau_1$	Титанований Чавун $\tau_2$	$\tau_2 / \tau_1$
Без навантаження	-	200	475	2,38
Розтяг	50	165	440	2,67
Розтяг	100	155	430	2,78
Розтяг	150	135	400	2,95
Розтяг	200	130	385	2,96
Стиск	50	225	510	2,27
Стиск	100	245	555	2,26
Стиск	150	230	590	2,56
Стиск	200	210	530	2,51

#### Висновки:

Результати проведених досліджень показали, що дифузійне титанування сірих чавунів є досить ефективним способом підвищення довговічності чавунних деталей, які працюють під напруженнями і в умовах кавітації рідини.

#### Список використаних джерел

1. Скляр А.В., Сердітов О.Т., Горобець О.І. Підвищення зносостійкості деталей машин поверхневим зміцненням карбідами перехідних металів // Матеріали Всеукраїнської науково-технічної конференції молодих вчених та

---

студентів «Інновації молоді-машинобудуванню 2018», секція «Лазерна техніка та процеси фізико-технічних технологій».-К.: КПІ ім. Ігоря Сікорського,2018.

2. Мудрова А.Г. – В кн. Защитные покрытия на металлах, 4 «Научная мысль» К.,1971. С. 172-176.

3. Провотар А.Г., Будин А.А. Коррозионная и кавитационная стойкость цилиндрических втулок судовых дизелей. В журнале «Новая наука: от идеи к результату», Уфа, Машиностроение 2016 г. С. 194-205.

4. Баранов А.Н., Михайлов Б.Н. Защита металлов от коррозии. Учеб. пособие. – Иркутск: изд-во ИрГТУ, 2004 – 157 с.