

Ефективність використання двосимвольних ансамблів літер у системах з вирішувальним зворотним зв'язком

М.В. Захарченко, В.В. Гордійчук, А.В. Толкачев, Д.В. Голев

Проведено оцінку ефективності передачі дискретної інформації в системах з вирішувальним зворотним зв'язком (РОС), що дозволяє в кожній сигнальній конструкції, синтезованій на базі таймерних сигналів, передавати інформацію про два наступних символи російської мови або два байти.

У роботі використовується метод збільшення реалізації за рахунок розташування суміжних моментів модуляції на відстані, не меншій за інтервал Найквіста, але і не кратний йому. Доведена можливість збільшення інформаційної ємності найквістового елемента за допомогою створення ансамблів з множин сигнальних конструкцій.

Ключові слова: таймерна сигнальна конструкція, вирішувальний зворотний зв'язок, надлишковість, код, ентропія.

Efficiency two-character ensembles of letters using in systems decision feedback

N. Zakharchenko, V. Hordiichuk, A. Tolkachev, D. Golev

The estimation of the efficiency of the transmission of discrete information in systems with solving feedback link is carried out in the work. It allows in each signal structure synthesized on the timed signals base of to transmit information about two next symbols of the Russian language or two bytes.

In paragraph 1 "Efficiency of simplex discrete systems with position coding", definition of simplex transmission systems is given according to [1], in which the quality of the received codeword and its correction are made on the receiving side. For which positional redundancy codes are used, an analysis of their main characteristics is carried out and it is proved that redundancy in position coding in channels of the Hilbert model over a longer transmission time interval is not used effectively.

In paragraph 2 "Systems with ROS on the position codes base" to increase the one element information capacity of the code structure, it was suggested to make the transition to the system with ROS, analysis of the losses for the repetition of detected errors in the code words of systems with ROS, in the radio relay telephone channel (Table 2). Taking into account that the entropy (the amount of information in the code word), according to [3], is determined by the expression (6), for increasing of it, it is necessary to increase the number of realizations on the code word interval.

In paragraph 3 "Timed signals as a code multiplexing tool", it is determined that, unlike positional coding, the distance between the modulation instants is not a multiple of the Nyquist element, but it is not less than it. Such formation of signal structures provides a greater number of them at a given interval, but with a minimum energy distance.

In paragraph 4. "Conclusion" the main properties of the timer signals are defined, namely:

1) the number of realizations of time signals N_{pm} for $m > 4$, $s > 3$ is much larger than the number of realizations of the position codes NPK ($Nt \gg NPK$);

2) in Table. 3.4 [3] the values of N_{pm} are given for $m \in 4 \div 10$; $s \in 1 \div 12$; $i \in 1 \div 6$;

3) correcting and simple TSK are realized on the same time interval $T_{sk} = mt_0$;

4) to increase the information capacity of the nayquist element, it is necessary to create ensembles from the sets of signal structures for a different number of segments i in the code word.

Keywords: timed signal constructions, solving feedback link, capacity, redundancy, code, entropy.

УДК 621.762.8(088.8)

М.П. Пелех, І.І. Верхола

Національна академія сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного, Львів

ВПЛИВ РЕЖИМІВ ВИСОКОТЕМПЕРАТУРНОГО ОКИСЛЕННЯ ТВЕРДИХ СПЛАВІВ WC-Co НА ЇХ ЕКСПЛУАТАЦІЙНУ І ПРОБИВНУ ЗДАТНІСТЬ

Досліджується вплив окислення твердосплавних виробів в атмосфері повітря при температурі 973–1273 К на їх експлуатаційну і пробивну здатність. Оскільки в процесі високотемпературного окислення фазовий склад сплаву змінюється кількісно, що в свою чергу спричиняє зміну механічних характеристик, то здатність твердих сплавів окислюватись дозволила створити ряд технологічних процесів для розмірної обробки і підвищення експлуатаційної міцності твердосплавних виробів. Одержані результати дали змогу визначити оптимальні температурні режими, за яких можна отримати структуру виробів із заданими експлуатаційними властивостями.

Ключові слова: твердий сплав, структурний і поверхневий склад, температура.

Постановка проблеми

Застосування твердих сплавів у якості вставок броньбійних куль, бурових доліт та апаратів

хімічних виробництв (апарати високого тиску, подрібнювачі-дробарки, штампи для переробки полімерних матеріалів та інші важконавантажені елементи) вимагає від них високої міцності,

високого опору зношуванню при терті до металічних і неметалічних поверхонь та інших експлуатаційних характеристик. Важливим завданням є покращення властивостей вже існуючих твердих сплавів, отримання на виробках із твердих сплавів складних фасонних поверхонь [1, 2], оскільки розроблення нових композицій і технологічних процесів вимагає значних матеріальних витрат. Тому ефективність застосування твердих сплавів у військовому озброєнні, а також у промисловості може бути підвищена, головним чином, за допомогою покращення їх якості після виготовлення.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Відомо, що твердосплавні вироби на основі карбіду вольфраму інтенсивно окислюються в атмосфері повітря або кисню при температурі вище 973 K [4, 8].

Одне з перших практичних застосувань високотемпературного окислення – використання його при обробці поверхні металокерамічних виробів перед паянням [4]. Однак вплив високотемпературного окислення на фізико-механічні властивості твердих сплавів вперше було досліджено авторами роботи [5]. Температурна обробка з окисленням призвела до зростання на 30% середнього значення границі міцності твердих сплавів при згині. Металографічний аналіз структури і дослідження змін складу зв'язуючої Со-фази методом магнітної проникності при підвищених температурах показав, що після окислення результати практично не змінились у порівнянні з вихідним станом.

Таким чином, створення високоякісних твердосплавних виробів висуває першочергову задачу удосконалення відомих і впровадження нових методів обробки матеріалів. При цьому нові методи обробки повинні не тільки покращувати експлуатаційні властивості виробів, але й забезпечити більш широкі можливості для механізації процесу їх обробки, підвищення його продуктивності і економічної ефективності. Тому вивчення механічних характеристик, а також розробка нових більш ефективних методів обробки є актуальним завданням сучасної технології виготовлення твердосплавних виробів, які використовуються у військовому озброєнні.

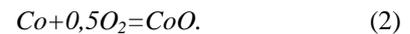
Мета і задачі досліджень

Значний інтерес становить дослідження можливості покращення якості та підвищення експлуатаційної стійкості твердосплавних виробів, тому метою досліджень є розробка методів керування технологічним процесом високотемпературного окислення

для отримання наперед заданих експлуатаційних характеристик твердосплавних виробів як у всьому об'ємі, так і в будь-якій його частині.

Методика дослідження

Дослідження мікроструктури та фазового складу поверхневого шару сплаву після окислення показують, що мікроструктура є помітно збіднена на карбід вольфраму і збагачена кобальтовою фазою. Вольфрамові твердосплавні вироби складаються з двох фаз – карбіду вольфраму WC і цементуючої Со-фази, тому їх окислення проходить окремо по компонентах згідно з основними реакціями:



В результаті перебігу зазначених реакцій на виробі утворюються оксидні плівки, через які до поверхні взаємодії повинен дифундувати кисень. Механізм процесу окислення можна розглядати як такий, що складається з двох стадій: дифузії кисню через пористе середовище та хімічних реакцій 1 і 2 на поверхні матеріалу (рис. 1) [7].

Розглянемо схему окислення твердого тіла, (рис. 1). За певний проміжок часу τ сплав окислюється на величину Δh , при цьому утворюється пористий шар оксиду висотою h . На поверхні оксиду концентрація кисню дорівнює його концентрації в середовищі C_o , а в місці контакту окислювача з поверхнею зразка концентрація набуває значення C_p .

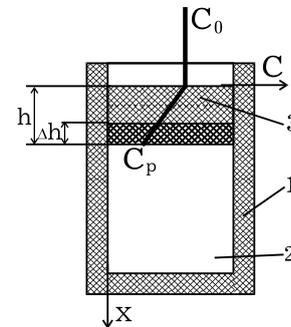


Рис. 1. Розподіл концентрацій окислювача в процесі термоокислення торцевої поверхні:
1 – контейнер, 2 – зразок, 3 – оксид

У стаціонарних умовах масовий потік кисню через пористе середовище дорівнює масовому потоку кисню, який вступає у хімічну взаємодію

$$\varepsilon \cdot D^* \cdot \frac{C_o - C_p}{h} = k \cdot C_p, \quad (3)$$

де C_p – концентрація кисню на поверхні зразка; C_o – концентрація кисню в повітрі, кг/м^3 ; ε – ступінь пористості шару; D^* – коефіцієнт дифузії кисню, $\text{м}^2/\text{с}$; k – коефіцієнт швидкості хімічної реакції, м/с ; h – товщина шару оксиду, м .

З цього рівняння можна визначити значення C_p

$$C_p = \frac{\varepsilon \cdot D^*}{\varepsilon D^* + kh} C_o. \quad (4)$$

Записаний результат справедливий після деякого проміжку часу. Він не враховує початкового періоду, в якому окислювач безпосередньо контактує з твердим сплавом. Ігнорування початкових проміжків часу не спотворює наближених математичних моделей. Маса твердого сплаву, що прореагував з еквівалентною кількістю кисню, може бути знайдена за законом Фіка

$$C_p = \frac{\varepsilon \cdot D^*}{\varepsilon D^* + kh} C_o, \quad (5)$$

де M – маса сплаву; S – поверхня окислення; t – час окислення.

Виразивши масу окислювальної речовини в законі Фіка через густину і об'єм, а також із урахуванням лінійного розподілу концентрації в пористому шарі отримаємо співвідношення

$$\rho \frac{d\Delta}{dt} = m \cdot \varepsilon \cdot D^* \frac{C_o - C_p}{h}, \quad (6)$$

де ρ – густина твердого сплаву, кг/м³; m – стехіометричний коефіцієнт перерахунку від кисню до сплаву.

Експериментальні вимірювання показали, що між Δ і h в інтервалі температур 973...1323 К існує лінійна залежність

$$\Delta = \alpha \cdot h. \quad (7)$$

Коефіцієнт α пов'язаний з пористістю шару оксиду ε залежністю

$$\varepsilon = 1 - \alpha \cdot n \cdot \frac{\rho}{\rho_o}. \quad (8)$$

Величина ε визначається експериментально за замірами висоти шару пористого оксиду h та висоти шару оксиду в монолітному стані h_o

$$\varepsilon = \frac{h - h_o}{h}.$$

Величина h_o знаходиться з виразу

$$h_o = \frac{M_o}{\rho_o \cdot S},$$

де M_o – маса оксиду; ρ_o – густина оксиду в монолітному стані; S – площа поперечного перерізу шару оксиду; n – стехіометричний коефіцієнт перерахунку від карбіду вольфраму до оксиду.

Із врахуванням виразів (4) та (8) розв'язок рівняння (6) запишеться у вигляді

$$h^2 + \frac{2 \cdot \varepsilon \cdot D^*}{k} h = \frac{2 \cdot m \cdot \varepsilon \cdot D^* \cdot C_o}{\alpha \cdot \rho} \cdot t, \quad (9)$$

яке є видозміненим рівнянням Еванса–Фишбека [3] для випадку окислення, що описується паралінійною залежністю.

Встановимо два граничних випадки термоокислення. Перший випадок відповідає умовам, при яких повільною стадією процесу є реакція на твердій поверхні (кінетична область). Для даної

області C_p прямує до C_o , а рівняння кінетики має вигляд

$$\rho \frac{d\Delta}{dt} = m \cdot k \cdot C_o. \quad (10)$$

Проінтегрувавши рівняння (10) з урахуванням виразу (7), отримаємо

$$h = \frac{m \cdot k \cdot C_o}{\alpha \cdot \rho} \cdot t. \quad (11)$$

Другий граничний випадок відповідає умовам, коли процес лімітується транспортом окислювача в порах оксиду, що утворюється (C_p прямує до нуля). В цьому випадку товщина плівки оксиду пропорційна кореню квадратному від часу t (дифузійна область)

$$h = \sqrt{\frac{2 \cdot m \cdot C_o \cdot \varepsilon \cdot D^*}{\alpha \cdot \rho}} \cdot \sqrt{t}. \quad (12)$$

За результатами дослідів отримано залежність кількості знятого (окисленого) матеріалу ΔM від часу t . За масою оксиду визначено товщину шару оксиду (рис. 2 а). Дослідження кінетики окислення (рис. 2 б) карбіду вольфраму показало, що на кривих температурної залежності константи окислення є три характерні ділянки. В інтервалі 973...1123 К чинна лінійна залежність ΔM від τ . При цих температурах процес проходить в кінетичній області й швидкість його перебігу контролюється хімічною реакцією. При температурі вище 1363 К окислення проходить в дифузійній області і швидкість процесу визначається дифузисю реагентів (дифузійна область), і супроводжується самогальмуванням: з потовщенням оксидної плівки швидкість дифузії через неї реагентів (металу і кисню), а відповідно і швидкість корозійного процесу, самогальмуються. Основний опір проникненню кисню чинить пориста плівка оксиду. У більшості випадків оксидна плівка росте згідно з параболічним законом і величиною $\Delta M \approx \sqrt{\tau}$ в інтервалі 1173...1323 К. Швидкість процесу залежить як від кінетики хімічної реакції, так і швидкості дифузії компонентів до фронту реакції. Обидва опори відіграють приблизно однакову роль в процесі окислення [6, 9].

Зміна кута нахилу (рис. 3 б) вказує на зміну механізму окислення, а залежність, що описує кінетичну область, має вигляд

$$k_1 = 8,35 \cdot 10^4 \cdot \exp(-1,77 \cdot 10^4 / T). \quad (13)$$

Для реакції (2) при будь-якому значенні температури залежності $\Delta M=f(t)$ є прямолінійними, отже, процес протікає в кінетичній області.

Представлення залежності $\ln k$ як функції, оберненої до температури (рис. 3 а), дозволило визначити величини констант швидкості окислення кобальту в інтервалі температур 973...1223 К

$$k_2 = 99,5 \cdot \exp(-1,52 \cdot 10^4 / T). \quad (14)$$

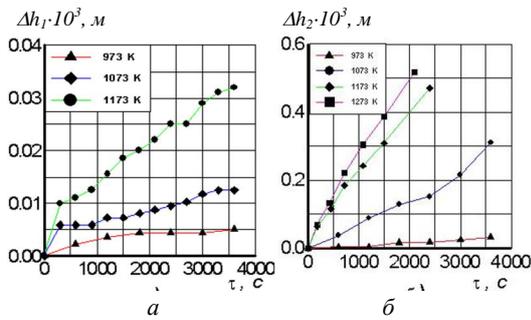


Рис. 2. Залежність товщини шару окисленого матеріалу від часу при різних температурах: а – кобальт; б – карбід вольфраму

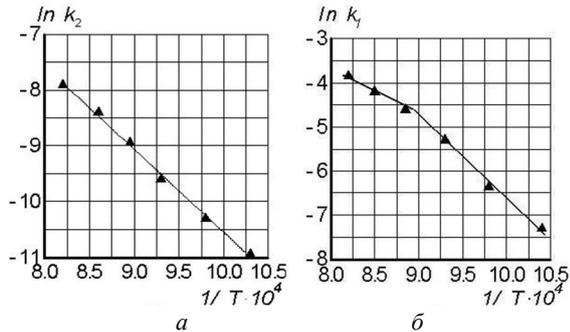


Рис. 3. Залежність від температури констант швидкості окислення: а – кобальту; б – карбіду вольфраму

Значення залежності швидкості окислення карбіду вольфраму та кобальту від температури наведені в таблиці.

Таблиця

Швидкість окислення карбіду вольфраму (WC) та кобальту (Co) від температур

WC		Co	
$1/T \cdot 10^4$	$\ln k_1$	$1/T \cdot 10^4$	$\ln k_2$
10,3	-7,3	10,3	-10,95
9,8	-6,35	9,8	-10,21
9,3	-5,3	9,3	-9,6
8,85	-4,6	8,85	-8,89
8,5	-4,2	8,5	-8,32
8,2	-3,85	8,2	-7,79

Порівняння залежностей (13) і (14) вказує на значну різницю в константах швидкості, причому для окислення карбіду вольфраму вона буде значно вищою.

Розглянемо процес окислення, що проходить в кінетичній області. Кінетичні рівняння, що описують окислення WC і Co, мають вигляд:

$$-dM_1/dt = m_1 \cdot k_1 \cdot \beta \cdot F \cdot C_o, \quad (15)$$

$$-dM_2/dt = m_2 \cdot k_2 \cdot (1 - \beta) \cdot F \cdot C_o, \quad (16)$$

де β – вміст карбіду вольфраму в сплаві, який пропорційний середньому значенню частки поверхні, яку він займає; M_1 , M_2 – маса карбіду вольфраму і кобальту відповідно; m_1 і m_2 – стехіометричні коефіцієнти; F – площа поверхні взаємодії.

Виразивши маси через лінійні розміри системи:

$$M_1 = \rho_1 \cdot \Delta h_1 \cdot F \cdot \beta, \quad (17)$$

$$M_2 = \rho_2 \cdot \Delta h_2 \cdot F \cdot (1 - \beta), \quad (18)$$

де ρ – густина; Δh – товщина окисленого шару.

Підставивши значення (17) і (18) у відповідні рівняння (15) і (16), отримуємо після інтегрування

$$\Delta h_1 = (m_1 \cdot k_1 / \rho_1) \cdot C_o \cdot \tau, \quad (19)$$

$$\Delta h_2 = (m_2 \cdot k_2 / \rho_2) \cdot C_o \cdot \tau, \quad (20)$$

де τ – час окислення.

На рис. 2 побудовано значення Δh_1 і Δh_2 в залежності від часу. Результати експериментальних досліджень кінетики окислення WC та Co підтвердили, що на поверхні виробу з часом зростає концентрація Co, оскільки окислення WC проходить інтенсивніше. Збільшення поверхневої концентрації Co впливає на покращення пробивної властивості куль, які мають сердечник, виконаний із твердого сплаву WC-Co.

Відомо, що твердий сплав являє собою двокомпонентне з'єднання з однією неперервною кобальтовою фазою, в якій розсіяні частинки твердої фази – карбіду вольфраму. З врахуванням цього твердість і міцність твердих сплавів залежить від властивостей складових компонентів і, особливо, від характеру розподілення карбіду вольфраму в кобальті.

Міцність, тріщиностійкість і стійкість проти зношування твердих сплавів вольфрамокобальтової групи (WC-Co) залежить від хімічного складу (вмісту кобальту, вуглецю і різних домішок), структури (величини зерен карбіду вольфраму, їх однорідності, рівномірності розподілу і товщини прошарків кобальту), способу отримання порошків вольфраму і карбіду вольфраму, а також технологічних режимів виготовлення твердосплавних виробів. Дослідженнями особливостей процесу руйнування твердих сплавів було встановлено, що важливе значення у забезпеченні достатньо високих границь пружності і текучості твердих сплавів мають структура та фазовий склад зв'язуючої фази [7].

Нижче на рис. 4 показано, як змінюється кількість білої та чорної фаз на поверхні зразків при різних значеннях температури окислення.

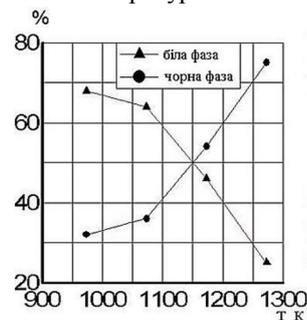


Рис. 4. Зміна кількості білої та чорної фаз на поверхні зразків при різних температурах окислення

Висновки

Результати експериментальних досліджень кінетики окислення WC та Co дали змогу зробити припущення, що на поверхні виробу з часом зростає концентрація Co, оскільки окислення WC проходить інтенсивніше. Для підтвердження цього припущення було здійснено металографічний аналіз поверхні мікрошліфів зубків бурових доліт діаметром 12,14_{0,03} мм і довжиною 18 мм, які були окислені при 973–1273 К протягом 1800 с. Щоб виявити структуру сплаву, мікрошліфи зубків протравлювалися. Після травлення карбід вольфраму мав вигляд білих зерен, а кобальтова фаза виглядала чорною матрицею.

На рис. 4 показано, як змінюється кількість карбідної WC та кобальтової фаз під впливом температури у порівнянні з неокисленим зразком. Розподіл білої і чорної фази на поверхні неокисленого зразка становить відповідно 74 і 26%, але вже при 973 К за 1800 с кількість чорної фази зростає до 32%. При подальшому підвищенні температури до 1073 К вона вже буде становити 36%; при температурі 1150 К вміст білої та чорної фази буде однаковим і при 1273 К кількість чорної фази буде 75%.

Отже, на поверхні зразка утворюється шар м'якої складової твердого сплаву (кобальтової фази), який зростає з підвищенням температури окислення.

Список літератури

1. А.с. 692697 СССР, В 22f3/24. Способ размерной поверхностной обработки спеченных изделий из твёрдых сплавов / М.П. Пелех // Бюл. изобретений.
2. А.с. 354939 СССР, В 22f3/24. Способ обработки металлокерамических изделий. / В.А. Повидайло, Р.И. Силин, В.И. Туманов, Р.В. Юревич // Бюл. изобретений.
3. Кубашевский О., Гопкинс Б. Окисление металлов и сплавов. – М.: Металлургия, 1955. – 428 с.
4. Кудрявцева В.И., Чапорова И.Н., Вараксина А.В. Термообработка твердых сплавов WC-Co изделий из них // Порошковая металлургия. – 1987. – № 5. – С. 56–61.
5. Лошак М.Г. Прочность и долговечность твердых сплавов. – Киев: Наук. думка, 1984. – 328 с.
6. Подойницына Т.М., Брыксин-Лямин М.П. Повышение износостойкости роторов дезинтеграторов путем армирования твердыми сплавами. Сб. трудов ВНИИТС. № 9, 1969. – С. 73–77.
7. Туманов В.И., Юревич Р.В., Силин Р.И., Сапожникова Ф.Л. Влияние термовиброобъемной обработки на физико-механические свойства сплава WC – 8% Co // Физико-химическая механика материалов. – 1972. – № 1. – С. 66–68.
8. Чапорова И.Н., Щетилина Е.А., Сереброва О.И. Влияние дополнительного отпуска на свойства металлокерамических твердых сплавов WC-Co // Металловедение и термическая обработка металлов. – 1961. – № 7. – С. 44.
9. Suzuki H. a.u. Japan soc. powder and powder, 1966, № 13, v.6, p. 304.

Рецензент: д.т.н., проф. В.М. Атаманюк, завідувач кафедри хімічної інженерії, Національний університет „Львівська політехніка”, Львів.

Влияние режимов высокотемпературного окисления твердых сплавов WC-Co на их эксплуатационную и пробивную способность

М.П. Пелех, И.И. Верхола

Исследуется влияние окисления твердосплавных изделий в атмосфере воздуха при температуре 973–1273 К на их эксплуатационную и пробивную способность. Поскольку в процессе высокотемпературного окисления фазовый состав сплава изменяется количественно, что в свою очередь влечет изменение механических характеристик, то способность твердых сплавов окисляться позволила создать ряд технологических процессов для размерной обработки и повышения эксплуатационной прочности твердосплавных изделий. Полученные результаты позволили определить оптимальные температурные режимы, при которых можно получить структуру изделий с заданными эксплуатационными свойствами.

Ключевые слова: твердый сплав, структурный и поверхностный состав, температура.

The influence of carboloy high temperature oxidization modes of WC-Co on their operating and penetrating ability

M. Pelekh, I. Verkhola

The influence of an oxidization of hard-alloyed articles in the atmosphere of air at a temperature 973 – 1273 K are investigated on their operating and piercing ability. The process of high temperature oxidization leads to quantitative changes of carboloy's phase composition. That causes the change of mechanical descriptions. Therefore the ability of carboloys to oxidize has created the row of technological processes for dimensional decorating and rising of operating strength of hard-alloy articles. The received results have enabled to define the optimum temperature conditions at which it is possible to get the structure of articles with the set operating properties.

Keywords: carboloy, structural and superficial composition, temperature.