

Вплив легування на структуру та властивості сплавів системи $WC - W_2C$

І. Ю. Троснікова

П. І. Лобода, чл.-кор. НАН України

О. І. Білий*, кандидат технічних наук

О. П. Карасєвська**, кандидат технічних наук

Національний технічний університет України «КПІ», Київ

*Інститут електрозварювання ім. Є. О. Патона НАН України, Київ

**Інститут металофізики ім. Г. В. Курдюмова НАН України, Київ

Досліджено вплив легування на мікроструктуру, фазовий склад та властивості сплавів системи $WC - W_2C$, отриманих оплавленням пресовок електронним променем та розпиленням електроду, що обертається, виготовленого переплавленням суміші порошків.

Застосування твердосплавного інструменту, для обробки металів, забезпечує збільшення стійкості у 20 – 50 разів, у порівнянні зі стійкістю сталевого інструменту, що дає значний економічний ефект. Аналіз робіт, присвячених питанням поліпшення якості твердих сплавів та підвищення їх експлуатаційних характеристик, показав, що основні розробки, що проводяться у цих напрямках, пов'язані з підвищенням властивостей карбідної основи [1].

Найбільш поширеною карбідною складовою, яка використовується для виробництва твердосплавних інструментів є карбіди вольфраму WC та W_2C [2]. Переважно сплави системи $WC - W_2C$ (реліт) використовують для наплавки бурового інструменту. Багаторазові спроби замінити реліт іншими сплавами не дали позитивного результату. Тому, питання підвищення експлуатаційних властивостей реліту, представляють значний інтерес для спеціалістів, що працюють в області матеріалознавства.

Склад литих карбідів вольфраму (реліту) містить у загальному вигляді 3,8 – 4,0 % по масі вуглецю. Це евтектичний сплав, температура плавлення якого 2735 °С. У готовому матеріалі вміст W_2C становить 78 – 80 % по масі, а WC – 20 – 22 % по масі. Мікроструктура сплаву представляє матрицю із напівкарбіду вольфраму W_2C , пронизану витягнутими зернами карбіду вольфраму WC , і, в значній мірі, подібна за мікроструктурою до квазібінарних композиційних матеріалів з керамічною матрицею та монокристалічними керамічними волокнами [3].

В останніх роботах [3, 4] показано, що механічні властивості суттєво залежать від розміру та кількості армуючої фази, яка під час кристалізації може змінюватися в широких межах в залежності від хімічного складу розплаву та теплових умов кристалізації. Окрім того, підвищення властивостей композиту можливе за рахунок утворення твердих розчинів інших тугоплавких металів у карбіді вольфраму.

Тому, метою даної роботи було дослідження впливу легування на структуру та властивості реліту, закристалізованого із розплаву.

В роботі проведено дослідження впливу швидкості охолодження на мікроструктуру, фазовий склад та властивості реліту шляхом оплавлення пресовок із

суміші порошку електронним променем та розпиленням електроду, що обертається, виготовленого переплавленням суміші порошків в печі Таммана та виливанням в графітову форму.

Оскільки під час виплавки сплавів в печі Таммана спостерігали кипіння, часткова втрата початкової маси вихідного матеріалу, не виключалась можливість неконтрольованого насичення вуглецем, то в подальшому процес утворення сплавів досліджували шляхом оплавлення пресовок із суміші порошків реліту та легуючого компоненту електронним променем.

При електронно-променевому оплавленні та кристалізації в графітових формах реалізуються приблизно однакові швидкості охолодження ~ 1000 град/с. Під час відцентрового розпилення швидкість охолодження на 2 порядки вища. Тому спочатку вивчали однорідність мікроструктури легованого реліту, отриманого в умовах електронно-променевого оплавлення та плавлення в печі Таммана з наступним виливанням в циліндричну графітову форму.

Як показав металографічний аналіз, який проводили за допомогою мікроскопу НЕОРНОТ-21, однорідність мікроструктури залежить від типу та кількості легуючого компоненту (рис. 1, 2). Найбільш однорідна мікроструктура характерна для сплавів

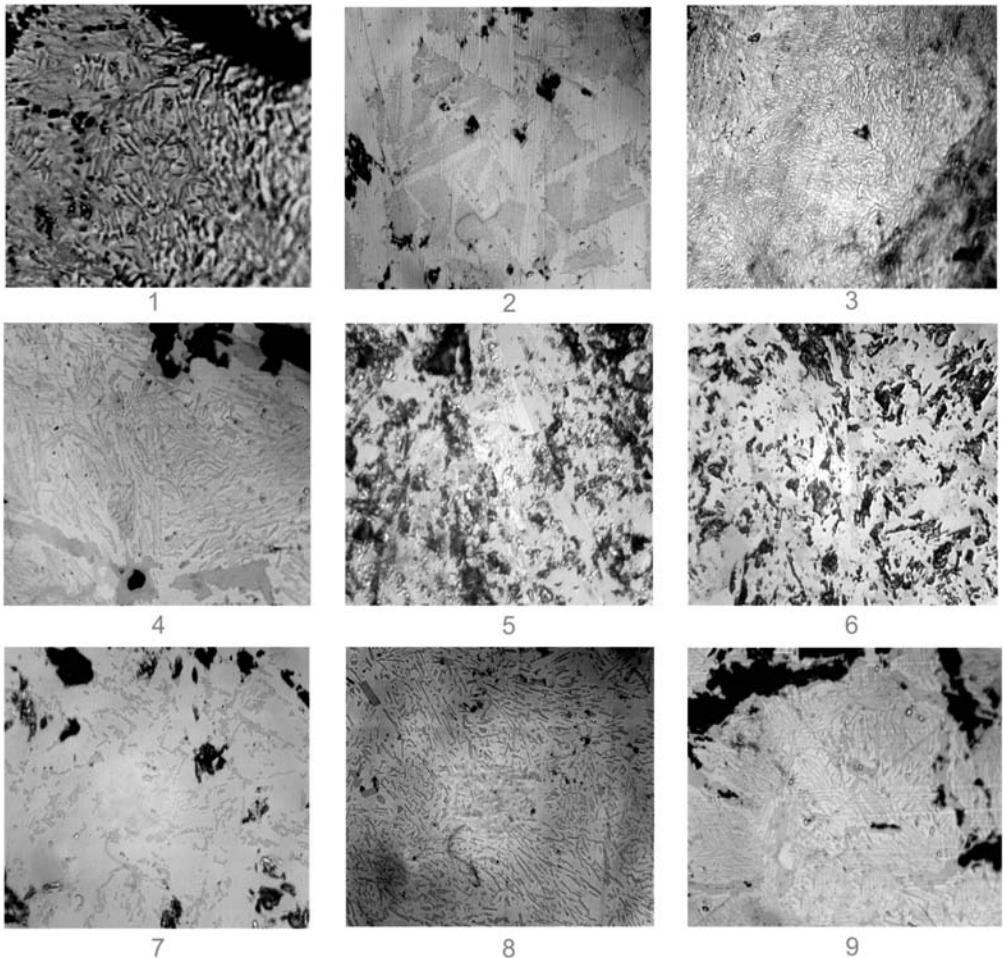


Рис. 1. Мікроструктура сплавів, отриманих зі швидкістю кристалізації 10^3 °C/с (переплавлення суміші порошків в печі Таммана з наступним виливанням в графітову форму): 1 – WC–W₂C; 2 – 2C+5Cr+93WC–W₂C; 3 – 5VC+95WC–W₂C; 4 – 3Mo+97WC–W₂C; 5 – 3B₄C+97WC–W₂C; 6 – 4TiB₂+96WC–W₂C; 7 – 5NbC+95WC–W₂C; 8 – 5Mo+95WC–W₂C; 9 – 7Cr₃C₂+93WC–W₂C. x 1000.

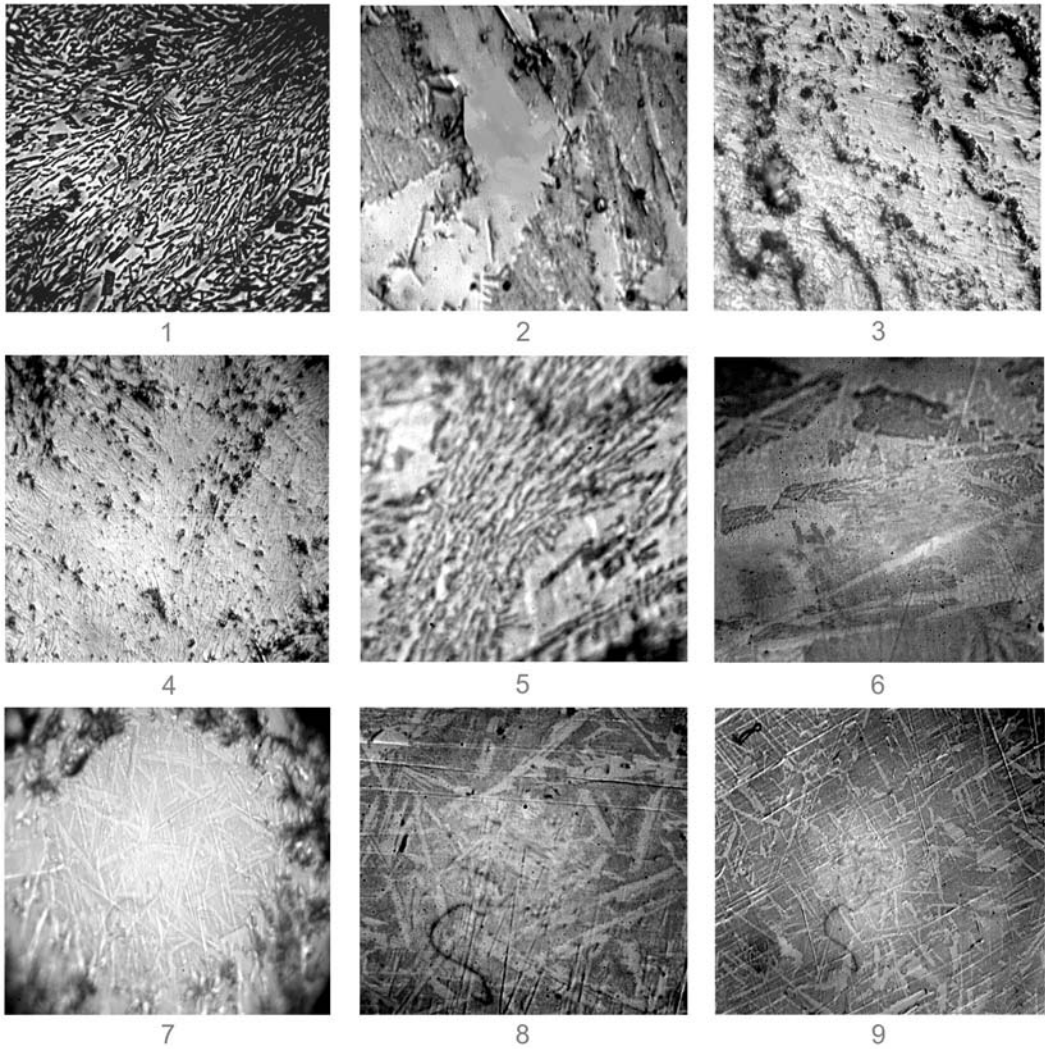


Рис. 2. Мікроструктура сплавів, отриманих зі швидкістю кристалізації 10^3 град/с (електронно-променево опалвлення): 1 – WC- W_2C ; 2 – 2C+5Cr+93WC- W_2C ; 3 – 5VC+95WC- W_2C ; 4 – 3Mo+97WC- W_2C ; 5 – 3 B_2C +97WC- W_2C ; 6 – 4TiB₂+96WC- W_2C ; 7 – 5NbC+95WC- W_2C ; 8 – 5Mo+95WC- W_2C ; 9 – 7Cr₃C₂+93WC- W_2C . x 1000.

з добавками молібдену, дибориду титану, карбиду бору, хрому, ніобію та ванадію. Виявлено також, що більш однорідні за мікроструктурою сплави формуються в умовах електронно-променевого опалвлення, що може бути пов'язано з більш швидким видаленням пор з об'єму розплаву і більш повною гомогенізацією матеріалу розплаву, а від так, і закристалізованого сплаву.

Мікроструктура всіх сплавів характеризується наявністю пластинчастої форми фаз. По мірі збільшення концентрації легуючого компонента, товщина пластин зменшується, а мікроструктура сплаву стає більш однорідною. Так, для сплавів з добавкою молібдену та хрому пластини стають дрібними настільки, що практично не виявляється фазова неоднорідність мікроструктури. Для сплавів, отриманих розплавленням в печі Таммана та кристалізацією в графітовій формі характерним є наявність включень темної фази і грубодисперсних виділень сірої фази, що може бути пов'язано як з надлишковим вуглецем, що потрапляє в сплав за рахунок

Технічна інформація

розчинення матеріалу форми, так і за рахунок неповного видалення оксидів, які неминуче присутні у вигляді адсорбованих і хемосорбованих домішок на поверхні порошоків легуючого компонента.

Таким чином, металографічні дослідження показали, що на характер мікроструктури легованого реліту, в першу чергу, впливає природа легуючого компонента, умови затвердіння сплавів та їх чистота. Структура евтектичних сплавів $2C+5Cr+93WC-W_2C$, $5Mo+95WC-W_2C$, $7Cr_3C_2+93WC-W_2C$, $3Mo+97WC-W_2C$, $WC-W_2C$ є колонійною. Це пов'язано з високою теплою плавлення $WC-W_2C$ порівняно з легуючими елементами, поверхневими енергіями границь між фазами.

Однотимчасний вплив легуючого компонента та умов кристалізації на фазовий склад та властивості реліту вивчався на порошках, отриманих в результаті відцентрового розпилення заготовок з найбільш однорідною мікроструктурою, виготовлених плавленням в індукційній печі та наступною кристалізацією у графітовій формі.

Мікроструктура та хімічний склад сплавів досліджували електронно-мікроскопічним методом за допомогою приладу РЕМ – 10БИ (рис. 3). Встановлено, що вміст легуючого компонента залежить від розміру частинок реліту (таблиця).

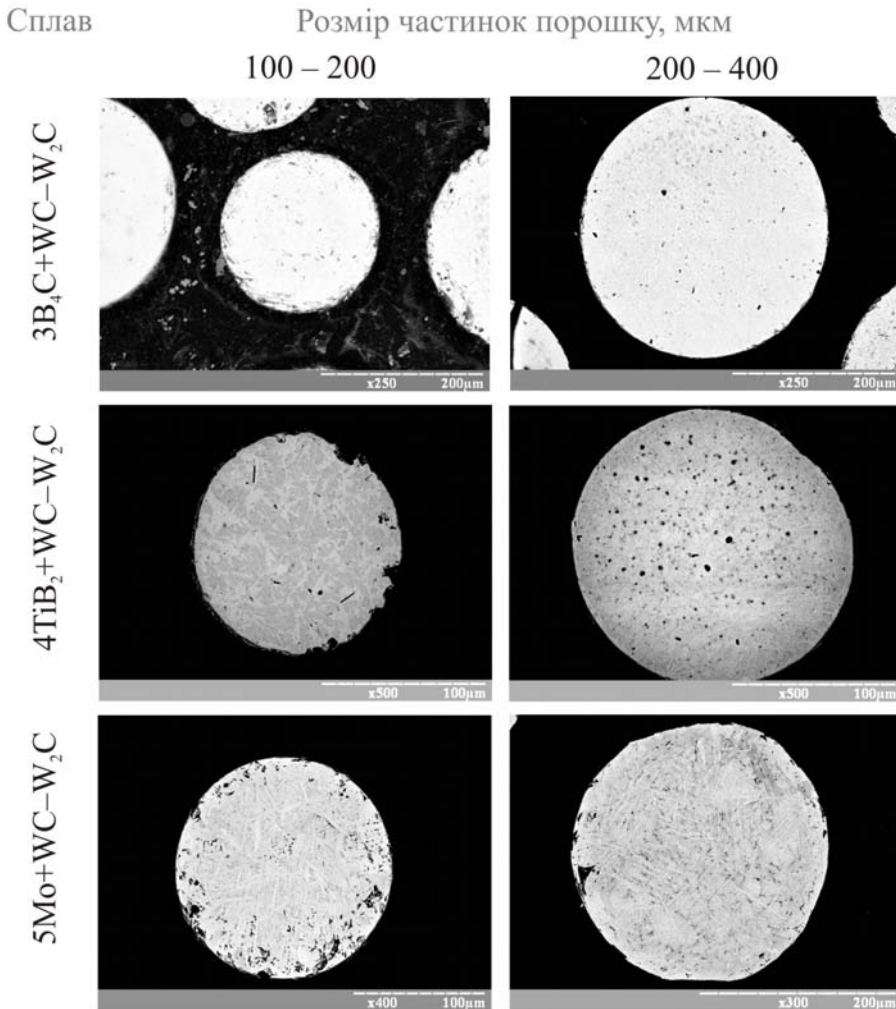


Рис. 3. Мікроструктура легованих сплавів системи $WC - W_2C$, отриманих зі швидкістю кристалізації 10^5 °C/c (відцентрове розпилення).

Вплив розміру частинок порошку реліту на вміст легуючого компоненту

Сплав, по масі, %	Фракція, мкм	Вміст компонента, відносні одиниці		
		W	Mo	Ti
3W ₄ C+W ₂ C-W ₂ C	30	62,41	-	-
	50	59,00	-	-
4TiB ₂ +W ₂ C-W ₂ C	35	76,76	-	0,19
	50	77,92	-	1,00
5Mo+W ₂ C-W ₂ C	135	38,85	0,28	-
	160	40,53	0,42	-

Хімічний склад сплавів суттєво не змінюється залежно від розміру частинок, але з мікроструктури видно, що змінюється розмір та витягнутість зерен, пористість залежно від легуючої добавки. Спостерігається чітка залежність – збільшення вмісту легуючого компонента по мірі зростання розміру частинки легованого реліту.

Причому, чим більша атомна маса легуючого компонента, тим більше відрізняється його вміст в крупних та більш дрібних частинках, що свідчить про переважне випаровування легуючих компонентів під час розпилення розплаву.

Найбільші значення пористості характерні для реліту, легованого карбідом бору та диборидом титану. Пори мають сферичну форму, переважно розташовуються в об'ємі частинки. Причому, чим ближче до центру частинки, тим кількість пор більшого розміру зростає.

Спостерігається також збільшення середнього розміру сферичної форми пор по мірі наближення від краю до центру частинки закристалізованого легованого реліту. Все це може бути пов'язано з великою кількістю оксидів бору, які утворюються на поверхні частинок порошку боридів.

Було виявлено, що пористість суттєво зменшилася у сплавах, отриманих відцентровим розпиленням, за рахунок виходу пор на поверхню по границях зерен. Це зумовлено об'ємним співвідношенням між компонентами системи, оскільки зерна тугоплавких сполук, що знаходяться в евтектичному розплаві розділені зерном іншої

природи, це зменшує швидкість процесу дифузійної коалесценції, підвищує капілярний тиск і знижується в'язкість прошарку розплаву евтектичного складу.

На рис. 4 показано як змінилася мікротвердість легованих сплавів системи WC – W₂C в залежності від швидкості кристалізації.

Підвищення твердості можливе за рахунок взаємної розчинності компонентів системи, напружень, утворення метастабільних високодисперсних фаз, що потребує детального аналізу будови діаграм стану квазібінарних систем, дослідження атомно-кристалічної будови фазових складових.

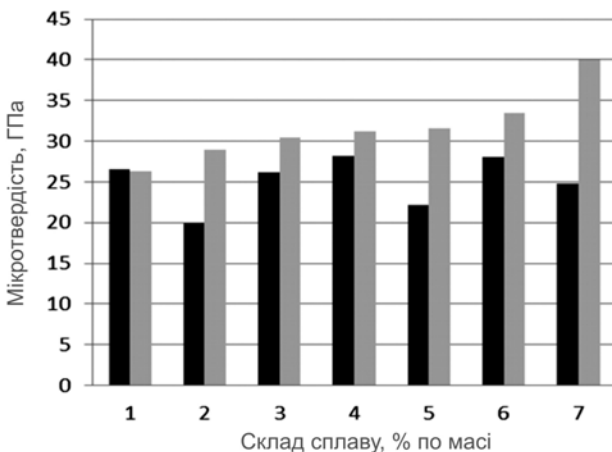


Рис. 4. Мікротвердість легованих сплавів системи WC-W₂C: 1 – 5NbC+WC-W₂C; 2 – WC-W₂C; 3 – 7Cr₃C₂+WC-W₂C; 4 – 3W₄C+WC-W₂C; 5 – 5VC+WC-W₂C; 6 – 4TiB₂+WC-W₂C; 7 – 5Mo+WC-W₂C. ■ – швидкість кристалізації 10³ °C/s; ■ – швидкість кристалізації 10⁵ °C/s.

Встановлено, що найбільш високі значення твердості і міцності досягаються на матеріалах, що представляють собою матрицю із однієї тугоплавкої сполуки, армовану монокристалічними волокнами іншої тугоплавкої сполуки. Так, мікротвердість сплаву, отриманого відцентровим розпиленням, на основі WC-W₂C, легованого молібденом, підвищується більш, ніж на 40 %.

Показано доцільність легування реліту тугоплавкими металами, яке забезпечує зростання твердості на 30 – 40 %, що особливо ефективно при збільшенні швидкості кристалізації. Отримані результати можуть бути використані при розробці твердих сплавів для виробництва інструментів, що використовуються при обробці металів та у гірничовидобувній промисловості.

Література

1. Панов В.С, Чувилин А.М. Технология и свойства спеченных твердых сплавов и изделий из них. – М.: МИСИС, 2001. – 428 с.
2. Самсонов Г.В., Витрянюк В.К., Чаплыгин Ф.М. Карбиды вольфрама. – Киев: Наук. думка, 1974. – 174 с.
3. Лобода П.І. Фізико-хімічні основи створення нових боридних матеріалів для електронної техніки і розробка керамічних катодних вузлів з підвищеною ефективністю. // Автореф. дис. ... доктора технічних наук / НТУУ “КПІ”. – Київ, 2004.
4. Bogomol I., Vasyukiv O., Sakka Y., Loboda P. Mechanism of nucleation and growth of directionally crystallized alloys of the B₄C–MeB₂ system. // Journal of Alloys and Compounds. – 2010. – 490 (1 – 2). – P. 557 – 561.

Одержано 10.04.12

И. Ю. Тросникова, П. И. Лобода, О. И. Белый, О. П. Карасевская

Влияние легирования на структуру и свойства сплавов системы WC – W₂C

Резюме

Исследовано влияние легирования на микроструктуру, фазовый состав и свойства сплавов системы WC – W₂C, полученных путем оплавления прессовок электронным лучом и распылением вращающегося электрода, изготовленного переплавкой смеси порошков.

I. Yu. Trosnikova, P. I. Loboda, O. I. Belyi, O. P. Karasevska

Influence of alloying to the structure and properties of alloys of WC – W₂C system

Summary

The influence of alloying to the microstructure, phase composition and properties of alloys of WC – W₂C system, obtained by electron beam melting of compacts and spraying of rotating electrode, produced by melting of powders mixture is investigated in the work.