

ЛЕГИРОВАНИЕ ТВЕРДЫХ СПЛАВОВ ВАНАДИЕМ И РЕНИЕМ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ

Введение. НПО АО «Алмалыкский ГМК» располагает собственным рением, образуемом при переработке Мо-концентрата [1]. Целесообразно использовать его, наряду с ванадием, для легирования существующих марок товарных твердых сплавов, которые не удовлетворяют потребителя по эксплуатационным характеристикам. Повысить ресурс бурового и станочного инструмента из них - актуальная задача НПО АО «Алмалыкский ГМК». Решение ее видится на пути создания технологии структурирования и легирования твердых сплавов системы «карбид вольфрама-кобальт». Пока же твердый сплав ВК-6, в практике буровых работ, станочного инструмента обнуживает, в сравнении с импортными аналогами, пониженные износостойкие свойства. Возможные причины этого явления:

- неоптимизированная структура компонентов сплава;
- нежелательные примеси в сырье;
- возможное легирование импортных аналогов.

Имеются сообщения об эффективности легировании ванадием твердых сплавов системы WC-Co, в диапазоне концентраций 1-12 вес. %. Получаемый сплав не теряет твердость, характерную для ультрадисперсных систем WC-Co. Плотность материалов WC-VC-Co ниже, чем у WC-Co с равным содержанием Co. Микротвердость фаз V_8C_7 и WC, по Виккерсу: 2900 и 2000 HV. Прочность по Пальквисту тонкодисперсных WC-VC-Co сплавов или равна, или выше, чем у WC-Co сплавов той же объемной доли Co, но выше, чем у сверхтонких WC-Co равной твердости [2].

Объект исследования – компоненты производства сплава ВК-6 в НПО АО «Алмалыкский ГМК», соединения ванадия и рения.

Цель работы: разработка технологии получения твердого сплава системы WC-VC-Co, повышенной износостойкости, с выбором оптимальной доли VC, в диапазоне 1-12%, рения карбида – 1-3%.

Результаты и их обсуждение. Контроль химического состава образцов выполнен на ААС- и ICP-спектрометрах: Perkin-Elmer 3030B, Aligent 7500 ICP MS. Контроль поверхности твердых сплавов осуществлялся на сканирующем электронном микроскопе ZEISS EVO MA 10, Carl Zeiss Group, с увеличением до 1000000 крат, разрешением

до 0,4 нм, с детектором рентгеноспектрального микроэлементного анализа. Рентгенофазовый контроль - на рентгеновском дифрактометре EMPYREAN XDR с измерениями «на просвет», с зондом элементного анализа рентгенофлуоресценцией. Испытания износостойкости выполнены на пилотной установке, твердости по Роквеллу HRA - в НПО АО «Алмалыкский ГМК». На 1-м этапе синтезированы 4 образца ВК-6, с заменой 1% WC на 1% VC; проведены сравнительные измерения микротвердости по Роквеллу и износостойкости, выполнена их электронная микроскопия (рис. 1-2).

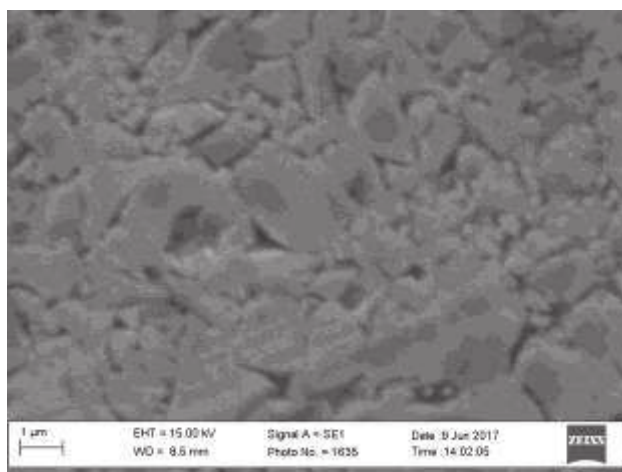


Рис. 1. Вид поверхности образца №1 (без ванадия)

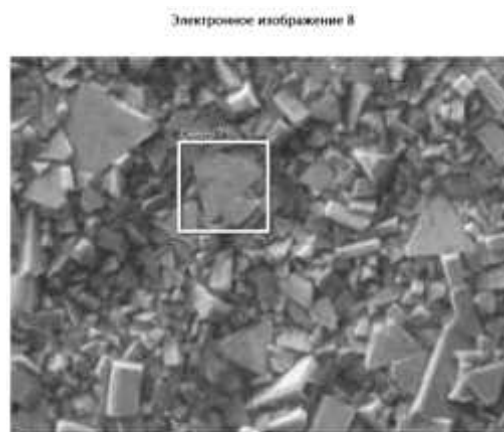


Рис. 2. Вид поверхности образца №2 (с ванадием)

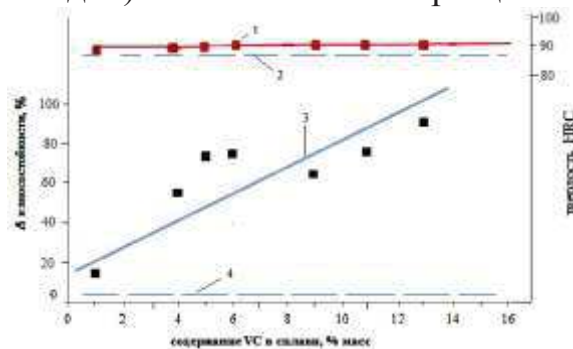


Рисунок 3. – Данные о твердости и износостойкости образцов (Задание №1)

Предусмотрены 3 задания: легирование ванадием; легирование рением; использование вольфрамового сырья повышенной степени очистки. Все образцы испытаны относительно сплава ВК-6. По заданию 1 изготовлены и испытаны на твердость и износ WC-VC-Co образцы (рис. 3). По заданию 2 - WC-ReC-Co образцы (таблица). По заданию 3 – образцы «ВК-6-модифицированный 5% рения с дополнительной очисткой» (таблица).

Таблица 1 Результаты физико-механических испытаний образцов из модифицированного ТС ВК-6

№ образца	Опытные образцы, состав, % масс			Твердость HRA	Износостойкости %
	WC	Co	Re		
Образцы по заданию №2					
19	93	6	1	89,4	33,33
20	89	6	5	89,0	38,46
21	94	6	0	88,5	
22	94	6	0	88,5	
№ образца	Опытные образцы, состав, % масс			HRA	
	WC	Co	VC		
Образцы по заданию №3					
23	89	6	5	89,1	57
24	94	6	0	88,7	
25	89	6	5	89,3	0
26	94	6	0	88,9	
27	89	6	5	89,7	65,3
28	94	6	0	89,3	

Установлено, что у нелегированных образцов HRA 88,5; у легированных ванадием HRA 88,7, то есть, введение 1% VC повышает твердость. Показано, что легирование 1% карбидом ванадия сплава ВК-6 повышает его износостойкость на 17-29%. Проведено исследование поверхности образцов, показавшее, что введение в сплав добавки ванадия ингибирует рост зерна сплава, способствуя его наноструктурированию. На втором этапе выполнено повторный синтез модифицированных ванадием и рением образцов сплава ВК-6 в широком диапазоне концентраций легирующих добавок. Проведено сравнительное испытание образцов сплава ВК-6, легированных ванадием, рением, изготовленных из сырья разной степени очистки на твердость по Роквеллу, износостойкость. Проведено их рентгеноструктурное исследование.

Изготовлены образцы на основе сырья повышенной степени очистки (4 степени) 4 пробы, на основе порошка W металлического из паравольфрамата аммония - продукта гидрометаллургического цеха полуфабрикатов вольфрама НПО ПРМиТС), по схеме переочистки:

1) ПВА-0: растворение ПВА-0 в азотной кислоте до получения вольфрамовой кислоты; фильтрация; промывка вольфрамовой кислоты до нейтрального значения pH; фильтрация; растворение вольфра-

мовой кислоты в аммиачной воде; упарка раствора вольфрамата аммония; выделение кристаллов ПВА;

2) ПВА-1 - переочисткой ПВА-0;

3) ПВА-2 - переочисткой ПВА-1;

4) ПВА-3 - переочисткой ПВА-2;

Выводы: 1) Модифицированные ванадием твердые сплавы WC-VC-Co (карбида ванадия: от 1 до 16% масс.), на примере сплава ВК-6, оказались на $\approx 3\%$ более твердыми и до 90% более стойкими к износу, по сравнению со сплавом ВК-6 с равным содержанием кобальта. 2) Модифицированные рением твердые сплавы WC-ReC-Co (карбида рения: от 1 до 5% масс.), на примере сплава ВК-6, оказались на $\approx 3\%$ более твердыми и на 35% более стойкими к износу, по сравнению со сплавом ВК-6 с равным содержанием кобальта. 3) Дополнительная очистка W-сырья сплава WC-ReC-Co (карбида рения 5% масс.), по сравнению со сплавами: «ВК-6» и «ВК-6-модифицированный 5% рения без дополнительной очистки», привела к росту сопротивления износу: с 38,5% (сплав «ВК-6-модифицированный 5% рения»), до 57,0% (однократная) и 65,3% (трехкратная очистка) сплава «ВК-6-модифицированный 5% рения с дополнительной очисткой». 4) Внедрение разработки позволит увеличить ресурс работы инструмента на 30-35%.

ЛИТЕРАТУРА

1. Rasulova, S.N., Guro, V.P., Safarov, E.T., Adinaev, X.F. (2020). Metals recovery from molybdenite concentrate by electrooxidation and leaching. IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 848 (2020) 012076 IOP Publishing doi:10.1088/1757-899X/848/1/012076.

2. du Randt, D., Luyckz, S., Marcoulides, D., Northrop, I.T. and Whitefield, D.J. (2000). A comparison between ultrafine WC -Co and fine WC-VC-Co alloys', Int. J. of Materials and Product Technology, Vol. 15, Nos 3/4/5, pp. 270–274.