

ВЛИЯНИЕ РЕЖИМОВ СМЕШИВАНИЯ ПОРОШКОВ НА СТРУКТУРУ И ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ТВЕРДОГО СПЛАВА ВК10С

Д.А. Захаров¹, А.В. Сальников²

¹ Самарский государственный технический университет
443100, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244

² ОАО «Волгабурмаш»
443004, г. Самара, ул. Грозненская, 1
E-mail: zaharov.Dmi@yandex.ru, zaharof_@mail.ru

Исследовано влияние времени смешивания шихты исходных порошков карбида вольфрама и кобальта на свойства и структуру спеченного твердого сплава ВК10С. Установлено оптимальное время смешивания шихты для бурового сплава ВК10С на основе высокотемпературного карбида вольфрама.

Ключевые слова: процесс смешивания-размола, аттритор, высокотемпературный карбид вольфрама, лабораторный помол, спекание, микроструктура.

Одной из основных операций в изготовлении твердосплавных изделий, существенно влияющей на их качественные характеристики, является операция смешивания порошков карбида и металла-связки. Эту операцию часто называют размолом, что не совсем правильно, так как ее основным назначением является получение однородной смеси порошков в пределах микрообъемов за счет тонкого смешивания компонентов, сопровождающегося измельчением составляющих. Это достигается истирающим действием шаров при их движении внутри вращающегося барабана. В качестве размольных тел применяют твердосплавные шары различных размеров. Традиционным способом приготовления твердосплавных смесей группы ВК является смешивание в жидкой среде порошков карбида вольфрама и кобальта в течение длительного времени в шаровых мельницах, футерованных твердым сплавом [1-2]. В качестве жидкой среды обычно используются спирт, ацетон и изогексан. Есть примеры использования воды в качестве жидкой среды при изготовлений твердосплавных смесей. Для получения твердосплавной смеси хорошего качества в шаровых мельницах необходимо производить операцию смешивания в течение 12-48 часов. При смешивании в аттриторах оптимальный набор свойств достигается менее чем через 8-10 часов. Последнее объясняется тем, что, во-первых, в конструкции аттритора имеется вал с твердосплавными лопастями, который приводит в движение массу шаров и пульпы; во-вторых, пульпа с помощью насоса постоянно циркулирует по объему аттритора. Все это позволяет значительно интенсифицировать процесс смешивания по сравнению с шаровыми мельницами.

Цель данной работы – изучение зависимости однородности структуры и физико-механических свойств твердых сплавов WC-Co от времени смешивания-размола в условиях производства ОАО «Волгабурмаш».

Для проведения данной опытной работы была выбрана промышленная партия твердосплавной смеси сплава ВК10С на основе высокотемпературного карбида вольфрама (с температурой карбидизации свыше 1800 °С) марки WC7 (средний размер зерна карбида 6-8 мкм) партия 31 производства ЗАО «Вольфрам» (Брянск) [3].

Дмитрий Александрович Захаров, аспирант.

Александр Владимирович Сальников, главный металлург ОАО «Волгабурмаш».

Основные свойства карбида вольфрама данной партии: содержание общего углерода $C_{\text{общ}} = 6,09\%$ (масс.), средний размер частиц по Фишеру – 7,9 мкм.

Дополнительно проводился анализ среднего размера частиц по Фишеру после 1 часа лабораторного помола – 5,2 мкм. Методика лабораторного помола: образец порошка карбида вольфрама массой 100 г. загружается в стеклянную лабораторную банку вместе с вольфрамовыми стержнями. Затем банка с загруженным в нее порошком и стержнями помещается на валки лабораторной установки и вращается со скоростью 100 об/мин. После обработки в течение часа процесс останавливается, содержимое банки выгружается на сетку, где порошок отделяется от стержней. Затем выполняется анализ порошка на средний размер частиц по Фишеру. Уменьшение среднего размера по сравнению с исходным позволяет судить о прочности зерен порошка карбида вольфрама. На основе этого результаты лабораторного помола вводятся в технические условия на поставку порошка карбида вольфрама.

Исследование влияния времени размола проводилось на четырех партиях исходной смеси 10 % кобальта с 90 % карбида вольфрама массой 200 кг каждая. Подготовленные смеси последовательно загружались в один и тот же атритор фирмы Tisoma мод. RМК-250 с разным временем размола-смешивания. Полученным смесям с разным временем смешивания присваивались свои номера партии. После распыления смесей в установке сушки распылением отбирались образцы смесей для получения данных о свойствах и однородности структуры твердого сплава после спекания. Партии смесей ВК10С № 146, 148, 150 и 152 отличались только по времени размола: 4, 5, 6 и 7 часов соответственно.

Из этих смесей прессовались и затем спекались в вакуумно-компрессионных печах фирмы ALD как зубки для вооружения буровых шарошечных долот, так и образцы для исследования свойств твердого сплава. Режим спекания: спекание в вакууме с пониженным давлением аргона 10^3 Па при температуре 1420 °С с последующей подачей высокого давления аргона 3 МПа.

Исследование проводилось на материале зубков и образцов. Результаты исследования свойств и микроструктуры показаны в табл. 1

Из приведенных в таблице результатов видно, что физико-механические свойства минимально соответствуют техническим требованиям уже с 4 часов размола, но они, в частности значения твердости и предела прочности на изгиб, заметно возрастают с увеличением времени размола. В то же время требования по микроструктуре для сплава ВК10С начинают выполняться только с 7 часов размола.

Анализ микроструктуры выполнялся на подготовленных образцах с помощью аппаратного комплекса системы анализа изображения, состоящего из металлографического микроскопа фирмы «Цейс», цифровой камеры и компьютера с программным обеспечением СИАМС-700.

При времени размола 4 часа полученная структура твердого сплава имеет довольно неоднородный характер с неравномерным распределением зерна. В образце сплава ВК10С-146 в зубке R4757 при увеличении $\times 800$ обнаружился участок компандирования (скопления кобальтовой фазы) размером 18 мкм.

В образце сплава ВК10С-150 с 6-ти часовым временем размола при увеличении $\times 800$ в структуре присутствовало довольно большое количество отдельных крупных зерен карбида вольфрама и их скоплений.

В образце сплава ВК10С-152 (7 часов размола) в зубке R6195 при увеличениях $\times 800$ и $\times 1600$ наблюдалась наиболее однородная структура твердого сплава с достаточно ровным набором зерен карбида вольфрама.

Аналогичная работа проводилась и для твердосплавной смеси из высокотемпературного карбида вольфрама WC7 партии 144 производства ОАО «Победит».

Таблица 1

Физико-механические свойства (ФМС) и микроструктура твердосплавных изделий из сплава ВК10С

Марка сплава – № партии (время размола)	Плотность ρ , г/см ³	Твердость HRA	Коэффициентность Н _с , Эрстед	Магнитное насыщение М _s , Г/тСо	Отклонения по структуре	Предел прочности на изгиб $\sigma_{изг}$, кгс/мм ²
ВК10С-146 (4 часа)	14,52	86,9-87,8	85	148	Компаундирование размером до 16 мкм	246
ВК10С-148 (5 часов)	14,51	87,1-87,7	85	148	Компаундирование размером до 10 мкм	271
ВК10С-150 (6 часов)	14,52	87,2-88,0	81	147	Скопление крупных кристаллов размером 64×48 (25) мкм	257
ВК10С-152 (7 часов)	14,51	87,8-88,1	87	149	Отсутствуют	279
Тех. треб-я по ФМС для сплава ВК10С*	14,43-14,63	87,6-88,4	70-90	140-160		>245
Тех. треб-я по микроструктуре для сплава ВК10С*	Не допускается наличие в микроструктуре компаундирования, сегрегации, а также η -фазы по ГОСТ 9391-80. Допускается скопление крупных кристаллов с размером наибольшего кристалла в скоплении (указан в скобках после размера скопления) ≤ 20 мкм. Допускается наличие больших кристаллов размером ≤ 40 мкм.					

*Технические требования для сплава ВК10С приведены согласно стандарту предприятия.

Основные свойства карбида вольфрама данной партии: содержание общего углерода $C_{общ} = 6,08$ % (масс.), средний размер частиц по Фишеру – 7,16 мкм, средний размер частиц по Фишеру после 1 часа лабораторного помола – 4,6 мкм.

Здесь проводилось прессование и затем спекание как зубков, так и образцов для определения физико-механических свойств в вакуумно-компрессионной печи ALD по режимам, приведенным выше.

Физико-механические свойства и микроструктура зубков и образцов представлены в табл. 2.

На изображениях микроструктуры образцов со временем размола 5 и 6 часов соответственно при увеличениях $\times 800$ наблюдалось присутствие большого количества отдельных крупных зерен карбида вольфрама и их скоплений, т. е. не совсем однородная структура. А для времени размола 7 часов получается однородная структура твердого сплава с достаточно ровным набором зерен карбида вольфрама.

Полученные результаты работы показывают, что за оптимальное время размола для твердосплавной смеси ВК10С следует принять 7 часов, при котором свойства и структура изученного сплава получаются наилучшими. Это можно объяснить тем, что в процессе мокрого размола до определенного момента зерна карбида вольфрама измельчаются, а в последующее время происходит в основном смешивание

вание порошков карбида и кобальта. За счет этого образуется более однородная структура.

Таблица 2

Физико-механические свойства и микроструктура зубков и образцов из сплава ВК10С

Марка сплава – № партии (время размола)	Плотность ρ , г/см ³	Твердость HRA	Коэффициент Н _с , Эрстед	Магнитное насыщение M _s , Г/ГСо	Отклонения по структуре	Предел прочности на изгиб $\sigma_{изг}$, кгс/мм ²
ВК10С-84 (5 часов)	14,47	87,9	84	146	Большой кристалл размером 41 мкм	204
ВК10С-84.01 (6 часов)	14,51	87,9-88,0	83	147	Скопление крупных кристаллов размером 58×39 (26) мкм	256
ВК10С-84.02 (7 часов)	14,51	87,8-88,1	78	148	Отсутствуют	275
Тех. треб-я по ФМС для сплава ВК10С	14,43-14,63	87,6-88,4	70-90	140-160		>245
Тех. треб-я по микроструктуре для сплава ВК10С	Не допускается наличие в микроструктуре компаундирования, сегрегации, а также η -фазы по ГОСТ 9391-80. Допускается скопление крупных кристаллов с размером наибольшего кристалла в скоплении (указан в скобках после размера скопления) ≤ 20 мкм. Допускается наличие больших кристаллов размером ≤ 40 мкм.					

Увеличение времени смешивания в сочетании со спеканием в вакуумно-компрессионных печах приводит в конечном итоге к получению практически беспористого сплава. Проведение работ по увеличению времени размола до 8 часов и выше не привело к какому-либо значительному повышению качества сплава, а лишь дало увеличение себестоимости готовых твердосплавных изделий.

Выводы

1. Исследовано влияние времени смешивания шихты исходных порошков карбида вольфрама и кобальта на свойства и структуру спеченного твердого сплава ВК10С.

2. Установлено, что за оптимальное время смешивания шихты для сплава ВК10С следует принять 7 часов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Третьяков В.И.* Основы металловедения и технологии производства спеченных твердых сплавов: 2-е изд. – М: Металлургия, 1976. – 527 с.
2. *Панов В.С., Чувилин А.М., Фальковский В.А.* Технология и свойства спеченных твердых сплавов и изделий из них: Уч. пособие. – 2-е изд., доп. и перераб. – М: МИСИС, 2004. – 464 с.
3. *Сальников М.А.* Разработка буровых твердых сплавов с повышенными характеристиками пластичности и трещиностойкости на основе высокотемпературных карбидов вольфрама: автореф. дис. ... канд. техн. наук. – Самара: СамГТУ, 2009. – 22 с.

Статья поступила в редакцию 2 марта 2013 г.

PHYSICOMECHANICAL PROPERTIES OF HARD ALLOY WC-CO10%

D.A. Zaharov¹, A.V. Salnikov²

¹ Samara State Technical University
244, Molodogvardeyskaya st., Samara, 443100

² Open Societies «Volgaburmash»
1, Grozny st., Samara, 443004

The paper studies the influence of mixing time of initial powders of tungsten and cobalt carbides on the properties and structure of sintered hard alloy WC-CO10%. Optimum mixing time of mix material for drilling alloy WC-CO10% on the basis of high-temperature tungsten carbides is determined.

Keywords: *a mixing-milling process, attritor, a high-temperature carbide of tungsten, a laboratory milling, sintering, a microstructure.*