

УДК 669.017.3; 669.017.3:620.18

ОСОБЕННОСТИ СТРОЕНИЯ ВОЛЬФРАМОКОБАЛЬТОВОГО ПОКРЫТИЯ, СФОРМИРОВАННОГО НА СТАЛЬНОЙ ПОВЕРХНОСТИ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ПРОМЕЖУТОЧНОГО СЛОЯ ХРОМА*

*С.В. ВЕСЕЛОВ, канд. техн. наук, доцент
В.И. ЩЕРБАКОВ, магистрант
Н.Ю. ЧЕРКАСОВА, студент
(НГТУ, г. Новосибирск)*

Статья поступила 22 октября 2012 года

Веселов С.В. – 630092, г. Новосибирск, пр. К. Маркса, 20,
Новосибирский государственный технический университет,
e-mail: veselov_s@inbox.ru

Представлены результаты экспериментов по жидкофазному спеканию твердосплавной порошковой смеси на стальной поверхности, содержащей предварительно распыленный слой хрома. Показано, что сформированный на образцах основного металла по технологии магнетронного распыления слой хрома содержит значительное количество трещин. Анализ образцов, полученных при жидкофазном спекании системы «твердосплавная порошковая смесь – промежуточный слой хрома – стальная основа», позволил выявить, что при формировании композиции наличие хрома на границе раздела не приводит к снижению интенсивности процессов растворения частиц WC и образования хрупкой η-фазы. В то же время было установлено, что хром способствует изменению морфологии частиц двойного карбида M_6C .

Ключевые слова: твердый сплав, промежуточный слой, хром, стальная основа.

Введение

В настоящее время существует ряд методов, позволяющих сформировать на стальной поверхности покрытия, по структуре и свойствам близкие к твердым сплавам. Применяемые на практике технологические подходы исключают интенсивный нагрев материала основы в процессе формирования твердосплавного покрытия. Низкие температуры на границе раздела «покрытие – основной металл» дают возможность исключить протекание химических процессов взаимодействия компонентов системы, являющихся причиной появления хрупких фаз и снижения эксплуатационных свойств. В то же время отсутствие химического взаимодействия компонентов приводит к низкой адгезионной и когезионной прочности нанесенных слоев, что не позволяет использовать сформированные

композиции в условиях интенсивных ударных или вибрационных нагрузок.

В настоящей работе предпринята попытка сформировать на стальной поверхности твердосплавное покрытие методом жидкофазного спекания твердосплавной порошковой смеси. Для того чтобы снизить интенсивность взаимодействия частиц упрочняющей фазы покрытия с железом материала основы, предложено использовать промежуточный слой хрома, предварительно сформированный на стали по технологии магнетронного распыления.

Материалы и методы исследования

При проведении экспериментов в спекаемых композициях материалом основы служили пластины конструкционной стали 20 толщи-

* Работа выполнена в рамках ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009 – 2013 годы, государственный контракт № П1233 от 07 июня 2010 года.

ной 5 мм. В качестве наносимого материала использовали твердосплавную порошковую смесь ВК6. Доставку частиц смеси производили по технологии шликерного литья. Образцы с промежуточным слоем хрома были подготовлены путем предварительного магнетронного напыления слоя толщиной 1...2 мкм на поверхность отожженной стали 20. Напыление производили в Институте автоматики и электрометрии СО РАН. Формирование слоя осуществляли в атмосфере аргона при давлении в камере $\approx 2,5 \cdot 10^{-2}$ Па. Процесс напыления состоял из двух этапов: формирование центров кристаллизации при напряжении 2 кВ, токе 30...40 мА в течение 5 мин и нанесение пленки хрома при напряжении 600 В, токе 2 А и продолжительности процесса 15 мин. Жидкофазное спекание композиций производили в вакуумной печи СГВ-2.4.2/15 И2 при температуре 1390 °С с выдержкой 5 мин. Средняя скорость нагрева составляла 0,2...0,5 °С/с, скорость охлаждения – 0,1...0,3 °С/с. Вакуум в рабочей камере печи на протяжении всего процесса спекания поддерживался не хуже $4 \cdot 10^{-3}$ Па.

Анализ микроструктуры, фазового и химического состава спеченных композиций проводили на поперечных микрошлифах. Металлографические исследования выполняли с использованием оптического микроскопа Carl Zeiss AxioObserver A1m в диапазоне увеличений от 25 до 1000 крат. Детальный анализ отдельных структурных составляющих проводили на электронном микроскопе Carl Zeiss EVO50 XVP. Фазовые превращения в композициях оценивали по рентгенограммам, полученным на рентгеновском $\theta - \theta$ дифрактометре ARL X'TRA. Съемку дифракционных картин производили по схеме Брэгга – Брентано с применением в качестве источника рентгеновского излучения длиннофокусной трубки с медным анодом мощностью 2,2 кВт. В качестве детектора рентгеновских лучей использовали энергодисперсионный Si(Li) детектор, позволяющий анализировать излучение в диапазоне энергий, отвечающих $\text{Cu } K\alpha_1/\alpha_2$ длинам волн. Дифракционные картины были зарегистрированы в пошаговом режиме сканирования со временем накопления 10 с на точку и шагом $\Delta 2\theta = 0.05^\circ$.

Результаты и обсуждение

Предварительный металлографический анализ осажденных слоев хрома на стальных образцах позволил выявить присутствие дефектов поверхностного слоя в виде трещин (рис. 1). Нами предполагалось, что наличие несплошностей распыленного слоя будет способствовать химическому взаимодействию частиц карбида вольфрама покрытия с железом основного металла только в локальных областях покрытия.

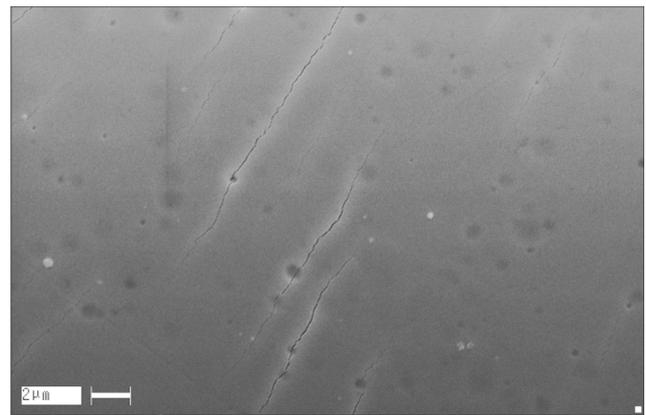


Рис. 1. Поверхность стали 20 с осажденным слоем хрома

Металлографическое исследование спеченных композиций с промежуточным слоем свидетельствует об отсутствии влияния хрома на характер и интенсивность химических процессов, протекающих на этапе спекания твердосплавной смеси на стальной поверхности. Согласно данным анализа в композициях системы «твердосплавная смесь ВК6 – промежуточный слой хрома – сталь 20» предварительно распыленный слой хрома не позволяет сформировать в покрытии структуру твердого сплава (рис. 2). В оплавленном слое образцов наблюдаются поры размером до 400 мкм. Нами предполагается, что в процессе жидкофазного спекания порошковой смеси покрытия происходит растворение слоя хрома в материале жидкой фазы и последующее интенсивное химическое взаимодействие частиц карбида вольфрама с железом стальной основы. Об активном взаимодействии компонентов покрытия и основного металла свидетельствует отсутствие карбидов WC в составе покрытия,

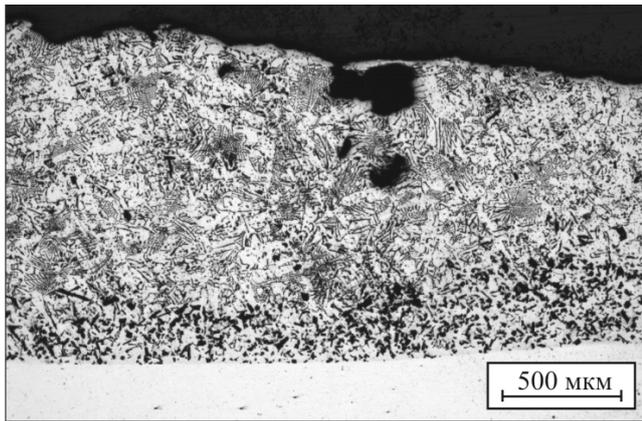


Рис. 2. Покрытие в композиции, полученной при спекании системы «ВК6 – промежуточный слой хрома – сталь 20»

образование дендритной структуры на основе эвтектики Fe-Fe₃W₃C, а также формирование хрупких карбидов типа M₆C (η-фаза) полиэдрической формы (рис. 2). Кроме того, как и в случае спекания вольфрамокобальтовой порошковой смеси на стальной поверхности, в поверхностном слое основного металла спеченных образцов, содержащих хром, наблюдается формирование перлитных колоний, что указывает на протекание интенсивной диффузии углерода покрытия в основной металл и отсутствие влияния барьерного слоя.

В то же время детальный анализ покрытия показал, что промежуточный слой хрома оказывает влияние на состав и форму отдельных структурных составляющих поверхностного слоя, сформированного при спекании твердосплавной порошковой смеси. Установлено, что на границе раздела присутствуют частицы различной тривимости (рис. 3). Аналогичный эф-

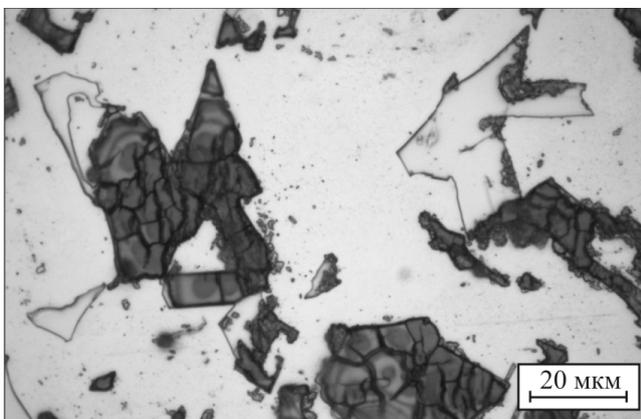


Рис. 3. Хрупкая фаза M₆C в составе покрытия композиции, полученной при спекании системы «ВК6 – промежуточный слой хрома – сталь 20»

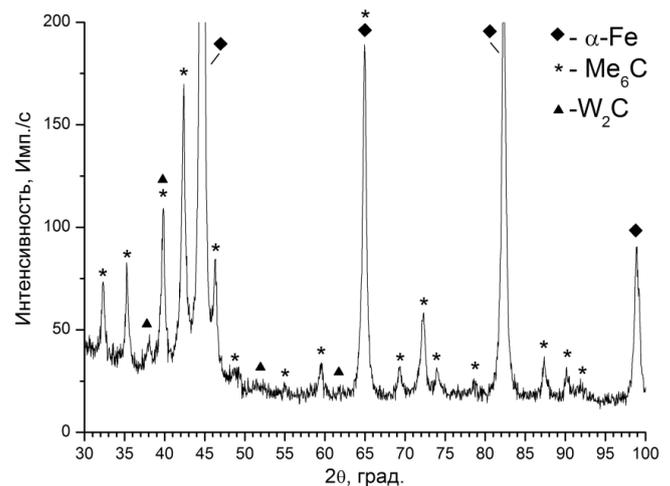


Рис. 4. Рентгенограмма поперечного микрошлифа композиции, полученной при спекании системы «ВК6 – промежуточный слой хрома – сталь 20»

фект наблюдается в карбидах M₆C дендритной структуры покрытия. Предполагается, что данное явление связано с частичным замещением атомами хрома позиций металла в кристаллической решетке фазы M₆C. Данное предположение подтверждается результатами рентгенофазового анализа.

Согласно данным рентгенофазового исследования (рис. 4) в состав поверхностного слоя сформированной композиции «вольфрамокобальтовое покрытие – промежуточный слой – стальная основа» входят следующие фазы:

- α-железо как в основном металле, так и в материале связки покрытия;
- следы фазы W₂C, входящей в состав исходной твердосплавной смеси;
- сложный карбид M₆C, предположительно содержащий железо, кобальт и хром.

Образования других фаз (в том числе содержащих хром) в образцах не обнаружено. Следовательно, наблюдаемые в составе покрытия карбиды являются фазой типа M₆C различной морфологии. В частности, в сформированных покрытиях были обнаружены частицы игольчатой формы (рис. 5). Металлографически была обнаружена их связь с фазой M₆C, а также присутствие игольчатой структуры в дендритных построениях. Можно предположить, что частицы игольчатого строения представляют η-фазу, для которой нехарактерна жесткая стехиометрия химического состава. Такое предположение согласуется с данными работ [1–3].

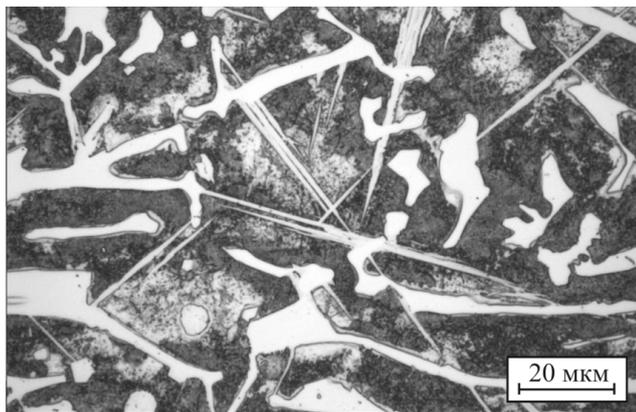


Рис. 5. Связь игольчатой фазы с карбидами M_6C в покрытии композиции, полученной при спекании системы «ВК6 – промежуточный слой хрома – сталь 20»

Заключение

Таким образом, на основании проведенной серии экспериментов можно сделать следующие выводы:

- промежуточные слои хрома толщиной 1...2 мкм, нанесенные на поверхность сталей магнетронным распылением, имеют многочисленные трещины и не позволяют устранить взаимодействие компонентов покрытия и основ-

ного металла в процессе спекания композиции «твердосплавная смесь – барьерный слой хрома – стальная основа»;

- в процессе жидкофазного спекания композиции с использованием промежуточного слоя хрома наблюдается его растворение и, как следствие, интенсивное взаимодействие упрочняющей фазы покрытия и основного металла с образованием частиц хрупкой фазы;

- наличие хрома в химическом составе покрытия приводит к формированию при спекании η-фазы игольчатой морфологии.

Список литературы

1. Третьяков В.И. Металлокерамические твердые сплавы. Физико-химические основы производства, свойства и области применения / В.И. Третьяков. – М. : Metallurgizdat, 1962. – 592 с.
2. Таран Ю.Н. О природе угловатых карбидов в быстрорежущих сталях / Ю.Н. Таран, П.Ф. Нижниковская, Э.Н. Погребной // *Металловедение и термическая обработка металлов*. – 1974. – № 2. – 10 с.
3. Таран Ю.Н. Морфология эвтектик в Fe–W–C сплавах / Ю.Н. Таран, Л.И. Иванов, Л.Д. Мошквич // *Металловедение и термическая обработка металлов*. – 1972. – № 1. – 2 с.

Tungsten-cobalt coating structure features formed on steel surface with chromium interlayer

S.V. Veselov, V.I. Shcherbakov, N.Yu. Cherkasova

In the paper the experiment results concerning hard metal powder blend liquid phase sintering on steel surface with preliminary sputtered chromium interlayer was presented. It was shown that chromium layer on steel substrate made with magnetron sputtering technique contains a lot of cracks. The analysis of specimens obtained by “hard metal powder blend - chromium interlayer – steel substrate” system liquid phase sintering showed that chromium does not decrease intensity of the processes of WC particles dissolution and brittle η – phase formation. It was stated that chromium stimulates M_6C carbide particles morphology changes.

Key words: hard metal, interlayer, chromium, steel substrate.