

А. В. Крохалев, д-р. техн. наук, В. О. Харламов, канд. техн. наук, Е. А. Иваненко, аспирант, Д. Р. Черников, аспирант, С. В. Кузьмин, д-р техн. наук, В. И. Лысак, академик РАН

ПОЛУЧЕНИЕ ПОКРЫТИЙ ИЗ ТВЕРДЫХ СПЛАВОВ ПУТЕМ ВЗРЫВНОГО НАГРУЖЕНИЯ СМЕСЕЙ ПОРОШКОВ КАРБИДА ХРОМА И ТИТАНА НА МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ПОДЛОЖКАХ

Волгоградский государственный технический университет, weld@vstu.ru

Описаны принципиальные особенности механизма формирования покрытий из твердых сплавов в процессе их получения взрывным прессованием смесей порошков Cr_3C_2 и Ti на металлических подложках. Рассмотрены фазовый состав и структура покрытий, нанесенных с использованием нагружения плоской нормально падающей детонационной волной и скользящего нагружения.

Ключевые слова: порошковое покрытие, твердый сплав, взрывное прессование, карбид хрома, титан

A. V. Krokhalev, V. O. Kharlamov, E. A. Ivanenko, D. R. Chernikov, S. V. Kuz'min, V. I. Lysak

OBTAINING COATINGS FROM HARD ALLOYS BY EXPLOSIVE LOADING OF MIXTURES OF CHROME CARBIDE AND TITANIUM CARBIDE POWDERS ON METAL BASES

Volgograd State Technical University, weld@vstu.ru

The principal features of the mechanism of formation of coatings from hard alloys during their production by explosive pressing of mixtures of Cr_3C_2 and Ti powders on metal substrates are described. The phase composition and structure of coatings deposited using loading by a plane normally incident detonation wave and sliding loading are considered.

Keywords: powder coating, hard alloy, explosive pressing, chromium carbide, titanium

В настоящее время для получения износостойких покрытий из твердых сплавов все чаще используется взрывное нагружение смесей порошков тугоплавких карбидов (таких, например, как карбид хрома Cr_3C_2) с металлами [1, 2], обеспечивающее возможность формирования твердых сплавов непосредственно на стадии прессования. При этом в большинстве случаев используются схемы, предусматривающие размещение порошка непосредственно на поверхности

плакируемой заготовки и его нагружение скользящей (рис. 1, а) или нормально падающей детонационной волной (рис. 1, б).

При нагружении порошков на металлической подложке плоской нормально падающей детонационной волной опасность «выноса» [3] материала покрытия в процессе ударно-волновой обработки отсутствует, а само покрытие при использовании оптимальных режимов нагружения должно формироваться из всего слоя исходной порош-

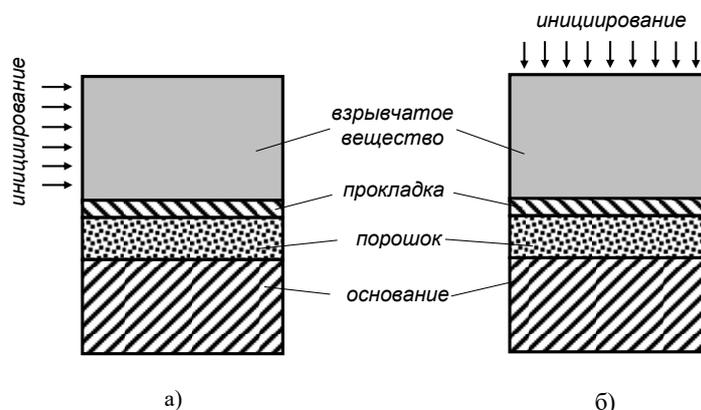


Рис. 1. Схема нагружения порошковых смесей взрывом:
а – скользящее нагружение; б – нагружение нормально падающей детонационной волной

ковой смеси и полностью оставаться на поверхности монолитного основания.

Использование данной схемы нагружения для прессования порошковых смесей Cr_3C_2 и Ti позволяет получать (при использовании титановой связки в количестве 40 и 50 об. % и режимов нагружения, обеспечивающих разогрев порошка в ударных волнах до температур 650-950 °C) прочно сцепленные со стальным основанием практически беспористые покрытия (рис. 2, а), химический состав структурных составляющих которых соответствует составу исходных компонентов порошковой смеси (рис. 2, б).

Следует отметить, что подобный фазовый состав является термодинамически

неравновесным. Как показывают расчёты, выполненные с помощью программного пакета Thermo-Calc (рис. 3), в сплавах карбида хрома с 40 масс. % титана (что соответствует 50 об. % связки) равновесными фазами являются карбид титана TiC и твердый раствор титана в хrome Cr(Ti). Сохранение фазового состава порошкового материала в процессе взрывного прессования свидетельствует о том, что за время его протекания (включая время охлаждения двухслойной заготовки после ударно-волнового сжатия) диффузионного перераспределения элементов в достаточной для существенного изменения фазового состава материала степени происходит не успеваает.

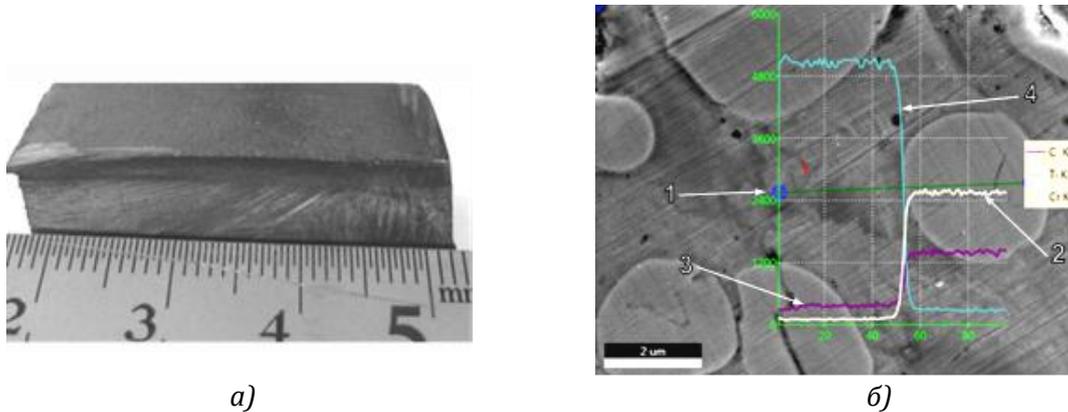


Рис. 2. Внешний вид (а), структура и распределение элементов между фазами (б) покрытий из твердого сплава Cr_3C_2 -Ti, полученного с использованием нагружения плоской нормально падающей детонационной волной:

1 – линия сканирования состава; 2, 3 и 4 – содержание Cr, C и Ti соответственно

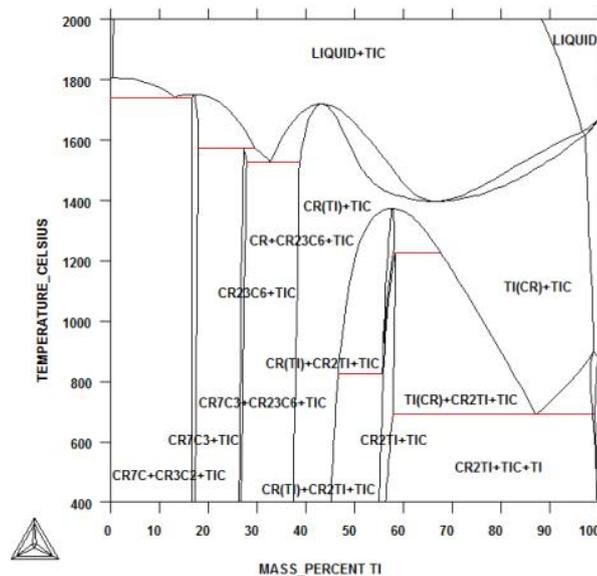


Рис. 3. Квазибинарное сечение Cr_3C_2 -Ti системы Cr-C-Ti

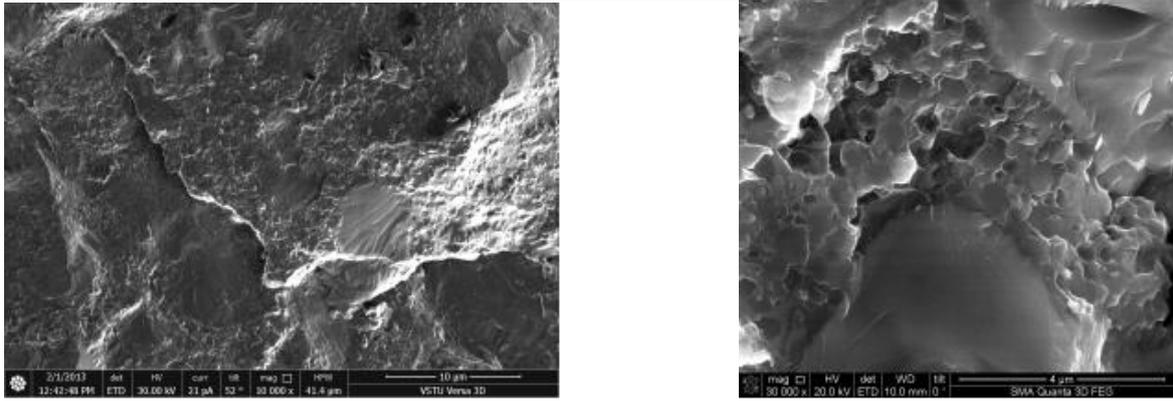


Рис. 4. Вид излома образцов сплавов системы Cr_3C_2-Ti



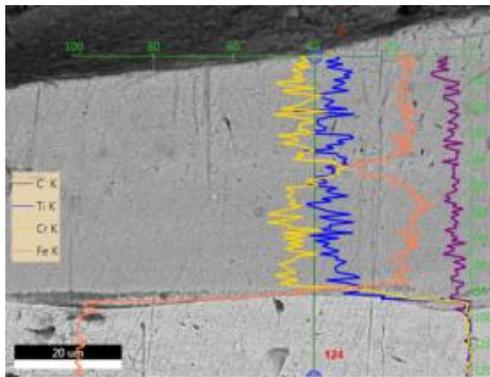
а)



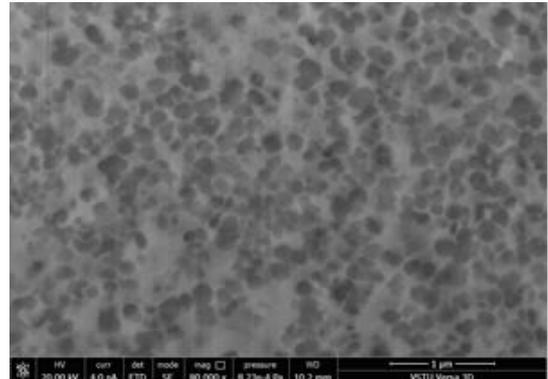
б)

Рис. 5. Проявление «сноса» покрытий из твердых сплавов карбида хрома с титаном при скользящем нагружении:

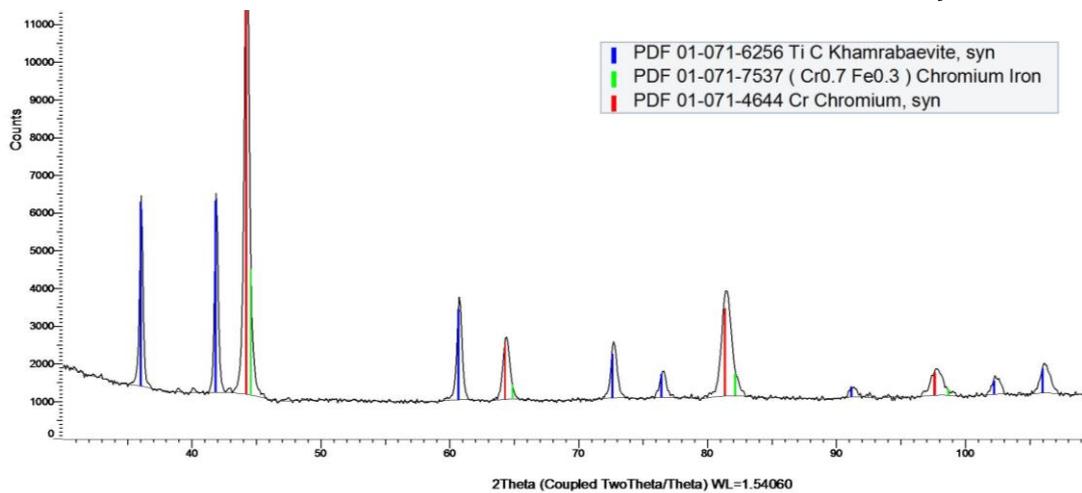
а – общий вид образцов; б – сохранение покрытия на начальном участке



а)



б)



в)

Рис. 6. Распределение элементов по толщине (а), микроструктура (б) и фазовый состав (в) слоев, образующихся на поверхности стальной подложки в результате «сноса»

Вместе с тем длительность температурно-силового воздействия оказывается достаточной для формирования прочного соединения между составляющими исходной порошковой смеси, что проявляется как в высоких значениях твердости (существенно превышающих 600HV даже при использовании 50 об. % титановой связки), так и в межкристаллитном характере излома материала покрытий (рис. 4).

При взрывном плакировании порошковыми твердыми сплавами заготовок деталей достаточно большой площади скользящее нагружение является более удобным, чем нагружение нормально падающей детонационной волной [4]. Однако, что при его использовании (в отличие от плоского нагружения) достижение необходимых физических условий сжатия порошка еще не является гарантией получения из него покрытия с исходным фазовым составом. Это связано с тем, что в процессе ударно-волновой обработки может наблюдаться вынос уплотненного взрывом порошкового слоя («снос» покрытия по терминологии [5]) с поверхности покрываемой заготовки за счет горизонтальной составляющей массовой скорости частиц спрессованного материала (рис. 5).

При сдвиге уплотненного слоя по поверхности подложки за счет трения происходит дополнительное тепловыделение, разогрев и оплавление материалов как покрытия, так и подложки. В результате на ее поверхности формируется монолитный «наплавленный» слой толщиной порядка 75 мкм, содержащий в своем составе как элементы исходной порошковой смеси (Ti, Cr, C), так и Fe (рис. 6, а).

Фазовый состав «наплавленного» слоя (рис. 6, в) близок к термодинамически равновесному для сплава Cr_3C_2 -Ti с содержанием титана 40 масс. % (см. рис. 3), с тем отличием, что в нем кроме карбида TiC и хрома

присутствует твердый раствор железа в хrome. Все фазовые составляющие отчетливо различимы в структуре слоя (рис. 6, б) и отличаются высокой дисперсностью, что свидетельствует о высоких скоростях охлаждения расплава за счет интенсивного отвода тепла в подложку.

Проведенные исследования позволяют сделать вывод, что, изменяя схему нагружения взрывом порошкового слоя на поверхности подложки, можно принципиально изменять механизм формирования покрытий и получать как достаточно толстые напесованные слои с неизменным (по сравнению с исходным) термодинамически неравновесным составом, так и тонкие наплавленные покрытия с высокой дисперсностью структуры и равновесным фазовым составом.

Библиографический список

1. Основы технологии получения износостойких покрытий из смесей порошков карбида хрома с металлической связкой взрывным прессованием / А. В. Крохалев, В. О. Харламов, С. В. Кузьмин, В. И. Лысак // Известия вузов. Цветная металлургия. – 2018. – № 3. – С. 68-83.
2. Закономерности формирования твердых сплавов из смесей порошков карбида хрома с титаном с использованием энергии взрыва / А. В. Крохалев, В. О. Харламов, С. В. Кузьмин, В. И. Лысак // Известия вузов. Порошковая металлургия и функциональные покрытия. – 2012. – № 1. – С. 32-37.
3. Особенности сохранения порошковых покрытий системы $Cr(3)C(2)$ – Ti при их нанесении на стальные основания с использованием нагружения плоской нормально падающей детонационной волной / А. В. Крохалев, В. О. Харламов, М. А. Тупицин, С. В. Кузьмин, В. И. Лысак // Известия ВолгГТУ. Сер. Проблемы материаловедения, сварки и прочности в машиностроении. – Волгоград, 2018. – № 3 (213). – С. 40-44.
4. Прессование порошков взрывом: монография / В. И. Лысак, А. В. Крохалев, С. В. Кузьмин, В. Д. Рогозин, А. М. Каунов. – Москва, 2015. – 252 с.
5. Каунов, А. М. Нанесение порошков на металлические поверхности с помощью конденсированных взрывчатых веществ / А. М. Каунов, А. В. Шамрей // Физика и химия обработки материалов. – 1983. – № 2. – С. 25-31.