

ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ ОСНОВЫ КОНСТРУИРОВАНИЯ ВЫСОКОФУНКЦИОНАЛЬНЫХ СЛОИСТЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ С ЗАДАВАЕМЫМ КОМПЛЕКСОМ МЕХАНИЧЕСКИХ И ФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ЗА СЧЕТ ВВЕДЕНИЯ МЕЛКОДИСПЕРСНЫХ ФАЗ С РАЗЛИЧНОЙ УДЕЛЬНОЙ ПЛОТНОСТЬЮ

В процессе работы решен ряд фундаментальных вопросов, связанных с разработкой основ рационального конструирования композиционных материалов с задаваемым комплексом механических и физических свойств за счет введения мелкодисперсных фаз. Одним из важнейших результатов исследования является определение условий смачивания карбидов вольфрама и титана металлическим расплавом.

Руководитель проекта - к.т.н. В.И. Чуманов

ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Разработать фундаментальные основы конструирования высокофункциональных слоистых композиционных материалов

ПУБЛИКАЦИИ

11 научных статей

8 научных докладов

ИНДЕКСИРОВАНИЕ

2 статьи в SCOPUS

11 статей в РИНЦ

Известно, что введение в металлические материалы мелкодисперсных тугоплавких частиц карбидов позволяет существенно увеличивать физико-механические свойства металла. Однако, успех введения таких частиц зависит от степени смачиваемости вводимых частиц металлическим расплавом, которая характеризуется краевым углом смачивания.

Краевой угол смачивания – угол, образованный касательными плоскостями к межфазным поверхностям, ограничивающим смачивающую жидкость. Вершина угла лежит на линии раздела трёх фаз. Традиционным методом определения угла смачиваемости материалов является метод “лежащей капли”, суть которого заключается в совместном нагревании прессованной подложки из анализируемого вещества и смачивающего материала. Однако, ещё до температуры плавления металла, между тремя фазами (атмосфера – жидкость – твердое тело) начинают происходить сложные химические реакции, способные исказить результаты эксперимента.

Исходя из сказанного, исследования были проведены на экспериментальном комплексе, сконструированном в Центре высокотемпературных исследований научно-исследовательского института литья (“Foundry Research Institute”, г. Краков, Польша).

Экспериментальный комплекс с уникальным дизайном (рис. 1), построен на концепции блоков LEGO. Он объединяет в своем составе несколько аппаратов с уникальными возможностями, предназначенными для оценки комплексных характеристик материалов при высоких температурах, различные методы изучения смачиваемости материалов. Данный комплекс позволяет производить испытания различных материалов (металлов,

сплавов, стекла, шлаков, керамики и т.д.) в условиях контролируемой температуры (до 2100 °С) под вакуумом (до 10⁻¹⁰ ГПа) или в защитной атмосфере.

На данном комплексе был проведен ряд исследований по определению условий смачивания карбидов вольфрама и титана. Исследование смачиваемости карбида вольфрама методиками контактного и бесконтактного нагрева показало, что в условиях окислительной и нейтральной атмосферы реакция взаимодействия карбида вольфрама и металла идет по химической связи, через растворение. На кинограммах процесса наблюдается впитывание образца жидкого металла в подложку при реализации обеих методик (рис 2). Это свидетельствует, что карбид вольфрама полностью смачивается расплавом на основе железа.

С карбидом титана были проведены эксперименты в трёх различных атмосферах. Эксперимент по методике контактного нагревания в вакууме и в аргоне показал, что при плавлении металла на подложке из карбидов формирование капли не происходит – расплавленный металл полностью впитался в подложку в течение 5-7 секунд (рис. 3).

Эксперимент по методике бесконтактного нагрева в окислительной атмосфере показал, что выдавливаемая капля металла не впитывается в подложку и при этом на границе “капля/подложка” идет химическая реакция. Результаты эксперимента иллюстрируют, что в окислительной атмосфере смачивания карбида титана не происходит (рис. 4). Данный факт объясняет большой разброс результатов исследований о смачиваемости TiC, а также объясняет неудачу различных исследователей, которые вводили дисперсные частицы карбида титана в атмосфере цеха (окислительной).



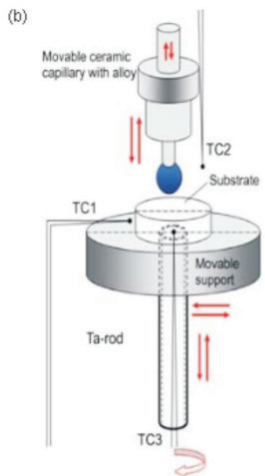


Рис. 1. Экспериментальный комплекс для высокотемпературных исследований [а] и схема его подвижных элементов, позволяющих изучение различными методами и процедурами испытаний [б]

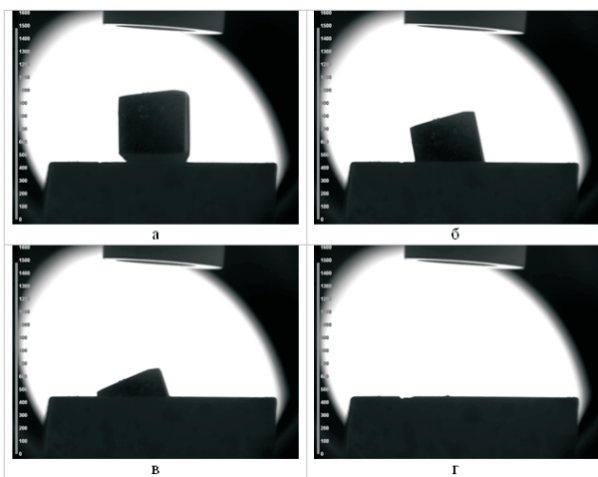


Рис. 2. Кинограмма высокотемпературного взаимодействия образца ст.20 с подложкой WC по методике контактного нагрева:
а – начало плавления;
б – через 3 сек.; в – через 7 сек.;
г – через 10 сек.

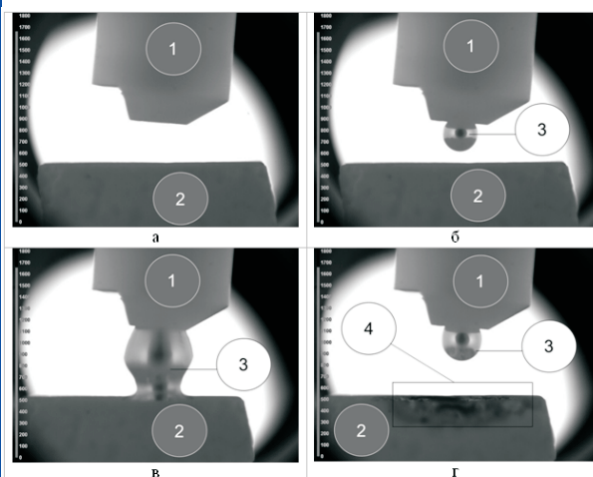


Рис. 3. Кинограмма высокотемпературного взаимодействия образца ст.20 с подложкой TiC в вакууме по методике безконтактного нагрева (1 – мини камера с расплавленным металлом; 2 – спеченная подложка; 3 – капля выдавливаемого металла; 4 – место впитывания металла в подложку):
а – нагрев металла и подложки;
б – выдавливание капли;
в – взаимодействие металла и подложки;
г – впитывание металла в подложку.

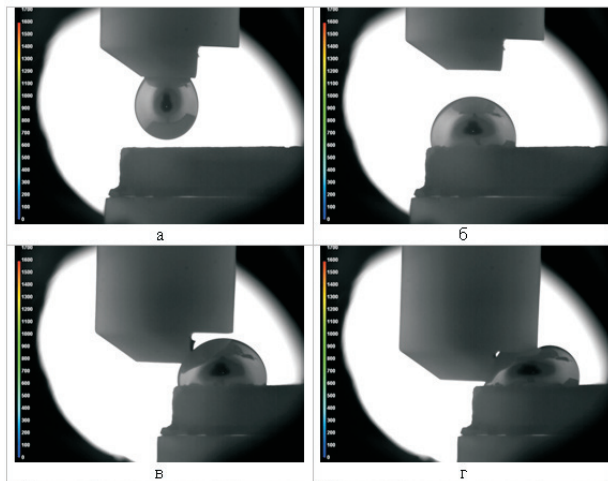


Рис. 4. Кинограмма высокотемпературного взаимодействия образца ст.20 с подложкой TiC в атмосфере воздуха по методике бесконтактного нагрева:
а – выдавливание капли;
б – фиксация капли в начальной точке;
в – касание капли манипулятором;
г – открытие границы раздела способом передвижения капли; д – передвижения капли;
е – фиксация капли в конечной точке.

