

В.В. Яснов, С.Н. Юркевич, К.И. Аршинов, М.Н. Сарасеко

Композиционные покрытия керамика/металл с повышенными прочностными характеристиками

Композиционные или гетерофазные материалы в последнее время находят широкое практическое применение из-за уникальности своих свойств. Поскольку эксплуатационные свойства изделия в первую очередь определяются качеством поверхности, то гетерофазную систему целесообразно использовать в виде покрытий. В данной работе описываются полученные композиционные покрытия металл/керамика на основе оксида алюминия и исследованы их прочностные характеристики.

Оксид алюминия является одним из наиболее перспективных керамических материалов для широкого спектра конструкционных применений благодаря сочетанию высокой твердости, термостойкости, химической инертности, с одной стороны, и доступности, с другой стороны. Керамику на основе Al_2O_3 используют для изготовления износостойких деталей машин, в том числе деталей, эксплуатируемых в агрессивных средах при высоких температурах. Создание и использование покрытий из композиции прочной керамики оксида алюминия и металла обеспечит улучшение эксплуатационных характеристик различных объектов техники.

Повышенный интерес к композиционным материалам керамика/металл обусловлен тем, что, с одной стороны, композиционные материалы керамика/металл обладают характерными свойствами металлов, например, такими, как хорошая теплопроводность и электропроводность, высокая пластичность, а с другой стороны, они имеют высокую твердость, свойственную керамическим оксидным материалам [1]. Для создания покрытий керамика/металл на основе оксида алюминия использовался метод газодинамического напыления [2, 3], который позволяет локально формировать покрытия большой толщины при минимальном температурном воздействии на подложку.

Для получения композиционных материалов керамика/металл с целью их дальнейшего нанесения на металлические подложки в качестве основы использовался порошок оксида алюминия с размером частиц от 1 мкм до 20 мкм. Предварительно керамический порошок оксида алюминия подвергался плакированию медью, никелем и кобальтом методом химического осаждения с использованием стандартных растворов для меднения, никелирования и кобальтирования [4].

Время химической реакции осаждения составляло 20 минут для процессов никелирования и кобальтирования и 30 минут для процесса меднения. В зависимости от длительности процесса плакирования толщина металлической пленки на керамических частицах достигала от 2 до 10 мкм.

Технология химического осаждения металлической пленки на керамический порошок позволяет получать достаточно равномерную по толщине металлическую пленку по всей поверхности частицы [5], что в дальнейшем предопределяет структуру и свойства композиционного покрытия, а также эффективность процесса напыления. Таким способом были получены композиционные порошки Al_2O_3/Cu с толщиной медной пленки порядка 10 мкм и

$\text{Al}_2\text{O}_3/\text{Ni}$, $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{Co}$, с толщиной пленки никеля и кобальта порядка 2–4 мкм, которые в дальнейшем использовались для формирования покрытий керамика/металл.

Методом газодинамического напыления наносили покрытия на подложки размером 12x50x1,2 мм. В качестве материала подложек использовалась сталь Ст3. Полученные покрытия проходили испытания на трехточечный изгиб на универсальной машине Instron-1195 с фиксацией величины прогиба, равной 0,5 мм, и скоростью нагружения 0,5 мм/мин. Погрешность измерения нагрузки не превышала 1%. Исследование структуры, наличие и ширину трещин, величину отслоения покрытия от подложки после нагружения проводили с помощью микроскопа «MeF-3» фирмы «Reichert» (Австрия) при увеличении $\times 100$, $\times 200$, $\times 500$. Микротвердость покрытий измерялась по ГОСТ 9450-76 на микротвердомере «Micromet-II» (нагрузка 50 г).

На рис. 1 представлена фотография шлифа композиционного покрытия $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{Cu}$, нанесенного на сталь методом газодинамического напыления.



Рис. 1. Микроструктура композиционного покрытия $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{Cu}$ ($\times 200$).

Анализ структуры и испытание на трехточечный изгиб покрытия $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{Cu}$ показали, что покрытие однородное, без полостей и трещин, а также видно, что отсутствует отслоение покрытия от подложки.

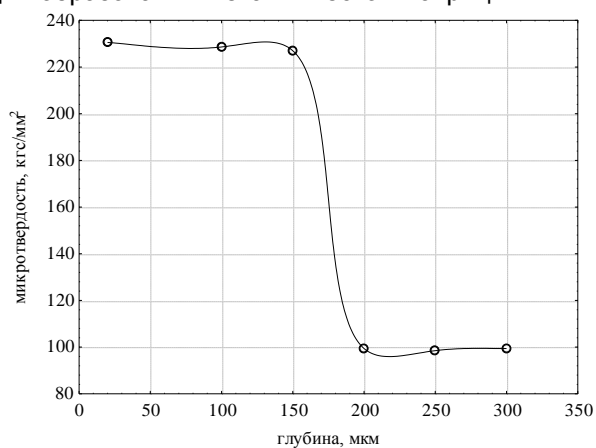
Испытание на трехточечный изгиб образцов $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{Co}$ и $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{Ni}$ показало, что прочность связи между частицами в покрытии и нанесенным слоем с основой неудовлетворительная, наблюдаются отслоения и трещины.

На рис. 2 приведены графики распределения микротвердости исследуемых композиционных покрытий по толщине покрытия.

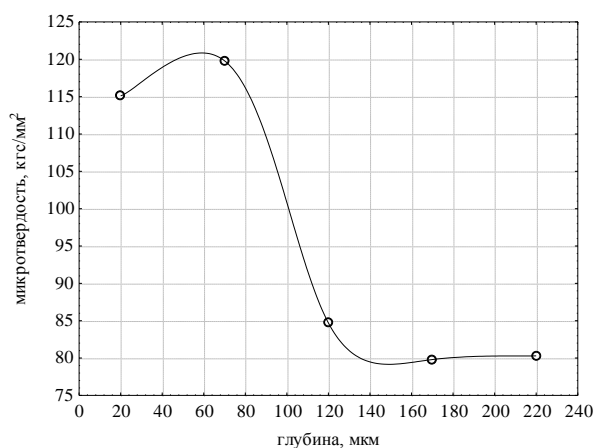
Средняя микротвердость покрытия $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{Cu}$ (рис. 2-а) равна 2,254 ГПа (230 кгс/мм^2), а основы из стали Ст3 – 0,98 ГПа (100 кгс/мм^2). На кривой не наблюдается зоны термического влияния.

Из рис. 2 следует также, что средняя микротвердость покрытия $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{Co}$ (рис. 2-б) равна 1,15 ГПа (117 кгс/мм^2), стальной основы – 0,78 ГПа (80 кгс/мм^2). Средняя микротвердость покрытия $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{Ni}$ (рис. 2-в) равна 1,67 ГПа (170 кгс/мм^2), стальной основы – 0,88 ГПа (90 кгс/мм^2). Наблюдается зона термического влияния. Возможно, в отличие от композиционного покрытия $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{Cu}$ неудовлетворительное качество покрытий $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{Co}$ и $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{Ni}$ связано с малой толщиной металлической пленки, осажденной на частицах оксида алюминия, что не позволяет получить оптимальное композиционное покрытие керамика/металл. В данном случае толщины нанесенного покрытия

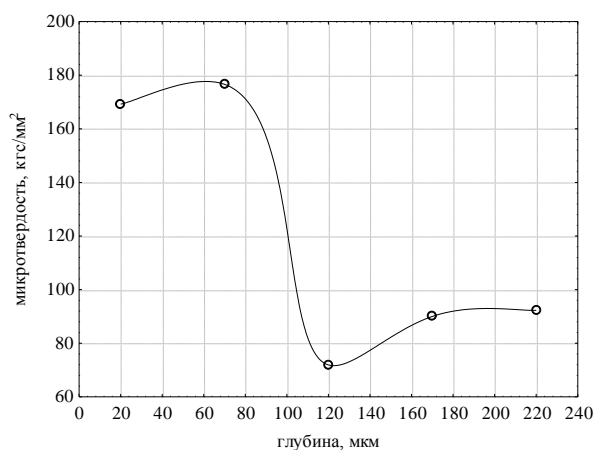
недостаточно для образования металлической матрицы.



а)



б)



в)

Рис. 2. Распределение микротвердости композиционных покрытий по толщине покрытия: а) Al_2O_3/Cu ; б) Al_2O_3/Co ; в) Al_2O_3/Ni .

Исследования показали, что композиционные покрытия, полученные методом газодинамического напыления на основе порошка оксида алюминия, плакированного металлами методом химического осаждения, обладают высокими механическими свойствами при достаточной толщине металлического слоя на порошке керамики.

Таким образом, разработан способ получения двухкомпонентного композиционного покрытия. Испытание композиционных покрытий керамика/металл показало, что газодинамическое напыление порошками керамики, плакированными металлами химическим способом, может использоваться для создания покрытий с увеличенным сроком эксплуатации без термического влияния на заготовку, как при ремонте, так и при создании деталей и инструментов.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Сайфуллин, Р.С.** Неорганические композиционные материалы / Р.С. Сайфуллин. – М.: Химия, 1983. – 299 с.
2. **Способ получения покрытий: а.с. SU 1618778 A1, МКИ С 23 С 4/00** / А.П. Алхимов, В.Ф. Косарев, Н.И. Нестерович, А.Н. Папырин; № 4075078/02; заявл. 06.06.86; опубл.07.01.91 бюл. № 1.
3. **Юркевич, С.Н.** Исследования возможности применения газодинамического напыления для восстановления деталей авиатехники / С.Н. Юркевич [и др.] // Металлообработка. – 2005. – № 5(29). – С. 24–29.
4. **Вансовская, К.М.** Металлические покрытия, нанесенные химическим способом / К.М. Вансовская. – Л.: Машиностроение, 1985. – 103 с.
5. **Способ получения конденсаторной керамики на основе титаната бария: а.с. 1545496, СССР, МКИ С 04В 35/46, 35/49** / А.Е. Гелясин, М.Н. Сарасеко, Л.Г. Никитина, И.А. Шкроб, В.В. Михневич, Э.И. Мамчиц; – № 4325965/23-33; заявл. 09.11.87; опубл. 23.02.90 // Открытия. Изобретения. – 1990. – № 7. – С. 249.

S U M M A R Y

The results of investigation of structure and micro hardness of two-layer composite ceramics/metal coatings produced by gas-dynamic spraying are presented.

Поступила в редакцию 25.05.2007