

УПРОЧНЯЮЩИЕ КАРБИДОХРОМОВЫЕ ПОКРЫТИЯ НА ЛИТЕЙНЫХ АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВАХ

Макаревич Г.В., Сасковец В.В., Сальникова И.А., Ермаков В.Л.

Государственное научное учреждение «Объединенный институт энергетических и ядерных исследований – Сосны» Национальной академии наук Беларуси, Минск, Беларусь, E-mail: makarevich.g@gmail.com

Введение

Силумины - литейные алюминиевые сплавы получили широкое распространение благодаря комплексу ценных технологических свойств. Наиболее важными из них являются хорошие литейные качества, способствующие получению тонкостенных отливок сложной формы. Из таких сплавов изготавливают малонагруженные детали (приборов, агрегатов и двигателей, бытовых изделий) литьем в песчаные формы, кокиль, под давлением, в оболочковые формы и по выплавляемым моделям. Особенно актуальными такие технологические приемы стали в последнее время, в связи с развитием принципов аддитивных технологий, где выплавляемые модели распечатывают на 3-D принтере с использованием какого-нибудь традиционного полимерного материала или технического воска[1]. Такие современные технологии позволяют оперативно реагировать на запросы конструкторов при разработке новой продукции и даже производить небольшие партии готовых изделий.

Прочностные характеристики большинства силуминов удовлетворяют многим техническим приложениям. Слабым местом, мешающим их более широкому применению, остается твердость и химическая стойкость поверхности изделий. Решением этой задачи может быть нанесение на их поверхность упрочняющих и защитных покрытий. Лучше других этой задаче соответствуют пиролитические карбидохромовые покрытия (ПКХП).

Пиролитическое хромирование

Пиролитическое хромирование, или осаждение ПКХП, относится к CVD - процессам, т.е. химическому осаждению из паровой фазы. Основой для процесса пиролитического хромирования является хроморганическая жидкость (ХОЖ) «Бархос» состоящая из бисареновых производных хрома. При проведении процесса осаждения металлоорганическое соединение (МОС) подается каплями в испаритель, где при температуре 300-350 °С переходит в парообразное состояние и контактирует с подложкой, нагретой до температуры необходимой для его разложения с выделением металла и его соединений с остаточным углеродом на данной поверхности. Образующие таким образом ПКХП могут содержать металлический хром (обычно в аморфном виде) и карбиды хрома всех трех стехиометрий в различных сочетаниях в зависимости от параметров процесса осаждения. Газообразные продукты разложения удаляются из зоны реакции динамическим вакуумом. Процесс проводят в вакууме или в инертном газе, исключая возможность окисления металлоорганических соединений. Поскольку осаждение ведется из паровой фазы, можно покрывать детали с любой сложностью формы, с узкими пазами и глубокими глухими сверлениями. Покрытия химически инертны, обладают высокой микротвердостью (до 1600 кгс/мм² HV) и антиадгезионными свойствами, у них хорошее сцепление со всеми материалами выдерживающими нагрев в вакууме до 450 °С, кроме цинксодержащих сплавов. При температурах выше 400 °С в вакууме начинается сублимация цинка с поверхности, что мешает осаждению покрытия. Как показала практика, часто проблемы возникают и при осаждении ПКХП на изделия из силумина. На рисунке 1 показано бракованное покрытие на нитепроводящем ролике, отлитом на ОАО «ПОЛОЦК-СТЕКЛОВОЛКНО» из силуминового лома. Это экстремальный случай, но проблему он иллюстрирует хорошо.



Рисунок 1 - Бракованное ПКХП на силумине



Рисунок 2 - Установка дегазации

Причина брака, очевидно, в высоком газосодержании силуминового литья. При нагреве газ, на 90% процентов водород, диффундирует через поверхность в вакуум и препятствует качественному осаждению ПКХП. Для преодоления указанных проблем были предприняты исследования с целью изучить особенности процесса дегазации и выработать технологические приемы осаждения ПКХП на силуминовое литье с гарантированным качеством.

Экспериментальные исследования

Как показал предыдущий опыт – пытаться получить качественное покрытие на любом силуминовом литье неизвестного происхождения подход контрпродуктивный. Необходимо использовать конкретный кондиционный сплав. Для исследований был выбран сплав АК12. Он обладает отличными литейными характеристиками, у него пониженное газосодержание и он достаточно прочный для большинства приложений. Для исследования процесса дегазации на базе вакуумного поста ВУП-5 была создана экспериментальная установка, показанная на рисунке 2. Вместо стандартного колпака была установлена трубчатая печь с термодарным каналом по оси. Экспериментальные образцы из сплава АК12 в виде шайб нанизывались на термодарный канал и удерживались на нужной высоте трубчатой проставкой. В процессе эксперимента производили откачку на вакуум до давления порядка 2×10^{-2} торр и нагревали до температур 500-600 °С. Температуру в зоне образцов определяли ХА термодарой, давление - термодарным манометрическим преобразователем ПМТ-4М. Изменение этих параметров во времени фиксировались online в графической форме на компьютере. Для изучения воздействия высоких температур на поверхность были изготовлены образцы с кольцевой полированной дорожкой. По ее состоянию до и после отжига судили о максимально допустимых температурах вакуумной обработки. Для сплава АК12 предельная температура составила 540 °С. На образцах, выдержанных при такой температуре в вакууме в течение 30 минут, гарантировано получалось качественное покрытие. На контрольных образцах, без дегазации, качество покрытия было заметно хуже. Анализ изменения параметров процесса дегазации позволяет сделать предположения о его механизмах.

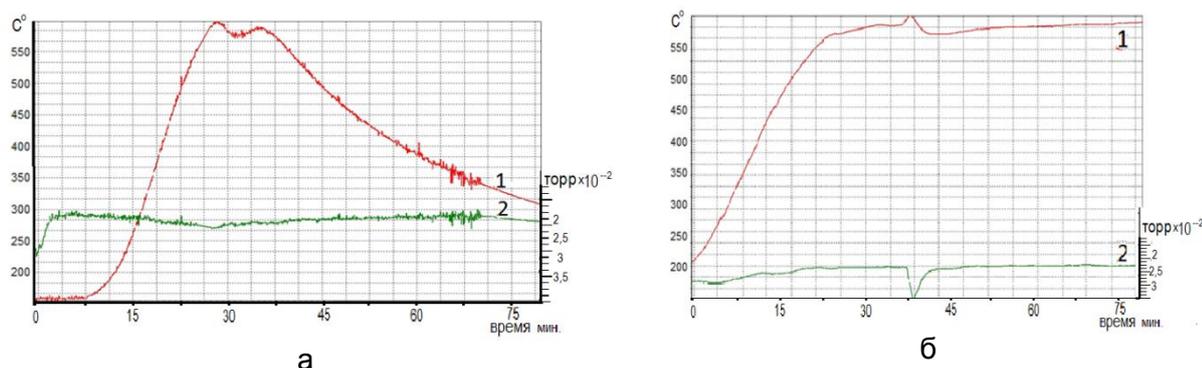


Рисунок 3 - Параметры процесса вакуумной дегазации. 1- температура, 2 – давление, а - компактный образец, б – образец с расплавлением

На рисунке 3 (а, б) показаны графики изменения параметров процессов дегазации для компактного образца и образца с расплавлением соответственно. В последнем случае произошло плавление эвтектики и образец, развалившись на четыре сектора, упал из горячей зоны в холодную. Из анализа графика (а) видно, что давление растет с 15 минуты и возвращается к исходному на 45 минуте, несмотря на снижение температуры. То есть процесс интенсивной дегазации завершен. На графике (б) видно, что при устоявшихся параметрах в момент плавления образца происходит резкий выброс газа. То есть можно предположить, что газ, окклюдированный в решетке, диффундирует в вакуум только из приповерхностных областей. Глубинный газ перехватывается порами и другими несплошностями и прочно удерживается там вплоть до расплавления образца. Анализ, проведенный в работе [2] показывает, что давление газ в поре не превышает 0,3 МПа, тогда как в решетке может превышать 7 МПа. То есть диффузия направлена в пору, где водород находится в молекулярной форме. Если учесть, что стенки поры покрыты плотным окислом алюминия – совершенного изолятора, электронный обмен между молекулами и металлом предельно затруднен. Это значит, что диссоциация молекул и диффузия водорода в решетку отсутствует.

Выводы

1. Для реализации технологического передела с упрочняющими ПКХП на литье из силумина необходимо использовать кондиционные сплавы типа АК12. Литье не должно иметь открытой пористости, горячих и усадочных трещин.
2. Перед осаждением ПКХП изделие необходимо выдержать 30 минут в вакууме при температуре 540 °С. Рационально для этой операции иметь отдельную вакуумную установку. Это способствует эффективному использованию оборудования для пиролитического хромирования и экономии жидкого азота.

Список литературы

1. Зленко М.А. Аддитивные технологии в машиностроении /М.В. Нагайцев, В.М. Довбыш // пособие для инженеров. – М.: ГНЦ РФ ФГУП «НАМИ». 2015. – 220 с.
2. Никифоров Г.Д. Металлургия сварки плавлением алюминиевых сплавов/ Г.Д. Никифоров. – М.: Машиностроение. 1972. – 264 с.