

РАЗРАБОТКА МАТРИЧНЫХ СПЛАВОВ НА ОСНОВЕ СВИНЦА

В.А. Гулевский, Е.А. Доменти

ФГБОУ ВПО «Волгоградский государственный технический университет», г. Волгоград

Рецензент д-р техн. наук, профессор В.М. Дмитриев

Ключевые слова и фразы: матричные сплавы; пропитка; растворимость; свинец; углеграфит.

Аннотация: Рассмотрены матричные сплавы для пропитки углеграфита на основе свинца и процесс получения композиционных изделий из углеграфита.

В настоящее время перспективы прогресса в аэроавиатике, электронике, машиностроении и других областях в основном связаны с разработкой и широким применением композиционных материалов (КМ). Композиционные материалы системы «углеграфитовый каркас – сплавы свинца» отличаются широкими возможностями использования. Они могут применяться в качестве вкладышей радиальных и упорных подшипников, пластин, поршневых колец, поршневых и радиальных уплотнений в различных приборах и механизмах [1].

Широкое использование метода пропитки в большей степени связано с тем, что он позволяет изготавливать композиции, получение которых другими методами либо невозможно, либо нерационально. Углеродные материалы, пропитанные металлами, обладают более высокими механическими свойствами, лучшей химической и эрозионной стойкостью, чем чистый углеграфит, это и способствует их широкому применению в технике.

В соответствии с требованиями, предъявляемыми к сплавам для пропитки углеграфитовых каркасов, они должны: хорошо смачивать и пропитывать углеграфит и, находясь в его порах, не создавать больших внутренних напряжений, иметь близкие термические коэффициенты линейного расширения и являться защитой в окислительных средах при температурном воздействии.

Определенный интерес представляет сплав на основе свинца с добавлением серы [2]. Рассмотрим создание матричного сплава для пропитки

Гулевский Виктор Александрович – кандидат технических наук, доцент кафедры «Машины и технология литейного производства»; Доменти Елизавета Александровна – магистрант кафедры «Машины и технология литейного производства», e-mail: lizavetadomenti@mail.ru, ФГБОУ ВПО «Волгоградский государственный технический университет», г. Волгоград.

углеграфитового каркаса с минимальным поверхностным натяжением и высокой адгезией.

Преимущество пропитки сплавами свинца: наилучшая возможность повысить прочность, твердость, улучшить износостойкость материала. Свинец единственный из неблагородных металлов, который кислотоупорен, поэтому без него немислима химическая промышленность в современном масштабе.

Свинец обладает высокой коррозионной стойкостью во многих агрессивных средах, хорошими антифрикционными, демпфирующими, звукоизоляционными свойствами. А коэффициент теплового расширения при температуре 400 °С для Pb примерно в три раза больше, чем для Fe, а при температуре 600 °С больше в два раза (рис. 1).

Разработка новых сплавов производится при использовании устройства безгазостатной пропитки, разработанного в ВолгГТУ [3, 4]. Способ основан на использовании термического расширения пропитывающего сплава в замкнутой пропитывающей камере при создании давления. Способ не имеет недостатков компрессионного литья и автоклавной пропитки. Дальнейшее совершенствование метода пропитки заключается в использовании совмещения подготовительных операций в процессе пропитки КМ.

Условно пропитку КМ можно разделить на несколько этапов, отличающихся использованием различных технологических приемов. Выделим основные стадии процесса:

1) подготовка образца к пропитке, включающая взвешивание до и после пропитки образца с водой, дальнейшая просушка в печи, ввиду остаточной влаги образуется перегретый пар, способствующий заполнению углеграфита сплавом, из-за дополнительного разряжения в объеме пор;

2) погружение пористого углеграфита в расплав матричного сплава, при этом заливаем каркас сплавом так, чтобы он его полностью покрыл. На этом этапе повышают температуру до 400 °С с выдержкой 20–25 мин;

3) вакуумная дегазация. В закрытую емкость для пропитки вворачивается газоотводная трубка, которая соединяется с вакуумным насосом,

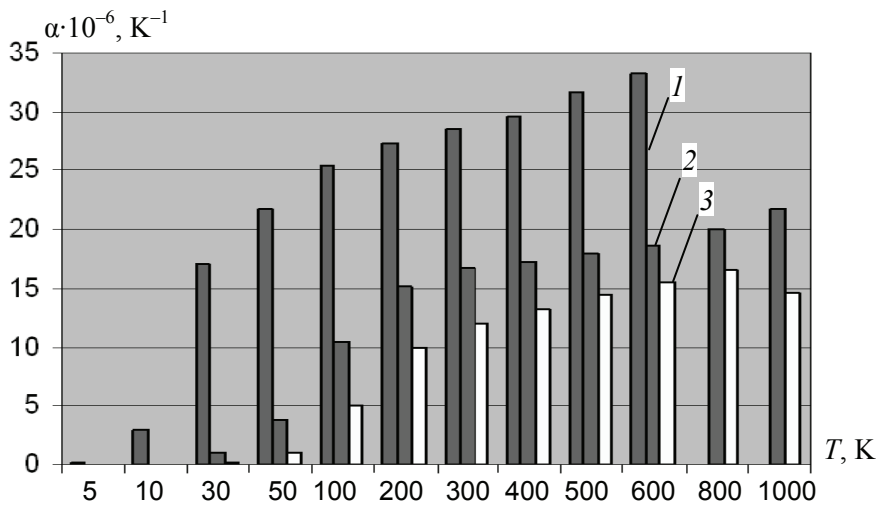


Рис. 1. Коэффициенты теплового расширения металлов:

1 – Pb; 2 – Cu; 3 – Fe

давление разряжения 10^{-6} Па, при температуре 400 °С. На этом этапе 98 % воздуха из пор удаляется;

4) газоотводная трубка удаляется, доливаеся расплав, и емкость герметизируется, затем производится нагрев устройства до 700 °С. При нагреве дополнительно проводится пропитка заготовки в две стадии, на первой стадии производится пропитка углеграфита за счет разряжения от перегретого пара и вакуумирования, а на второй создается избыточное давление за счет термического расширения расплава свинца;

5) последующее охлаждение и кристаллизация.

Контроль степени заполнения пор образца осуществляется весовым методом. Все эти этапы являются взаимосвязанными и протекают последовательно.

Рассмотрим известный сплав Pb–Cu [3, 4], он интересен, прежде всего, тем, что его получили в процессе пропитки в устройстве при повышенном давлении и температуре. При пропитке Cu из оснастки перешла в расплав.

Пропитка сплавом Pb осуществлялась при температуре 650 °С и давлении 5 МПа. Было установлено изменение растворимости элементов расплава в зависимости от условий проведения эксперимента. Проведенные исследования показывают, что широко известная диаграмма системы Pb–Cu является точной только при проведении экспериментов при определенных условиях. Это связано с невероятным содержанием меди в расплаве (более 2 %). При приложении избыточного давления линии межфазных переходов смещаются, что позволяет получать сплавы, существование которых ранее считалось невозможным.

Следует сказать, что теоретический выбор поверхностно-активных легирующих элементов позволяет создать пропитывающие сплавы с необходимой прочностью сцепления в межфазном слое, без нанесения барьерных покрытий на внутренние поверхности пор углеграфитового каркаса, проверенный на матричных сплавах на основе сурьмы. В данном исследовании замечено, что сплавы на основе свинца обладают более высокой проникающей способностью, обеспечивающей удовлетворительную степень пропитки при невысоком давлении. Кроме того, сплав свинца, легируемый медью, образует межфазный слой, в который выделяется до 70 % от вводимого количества поверхностно активного элемента, что улучшает прочностные и эксплуатационные свойства композитов [3, 4].

Результаты разработки позволили использовать устройство безгазостатной пропитки для создания сплава Pb–S при определенных технологических условиях (давлении, температуре, времени). Для получения специализированных свойств, материалы импрегнируют. Импрегнирование металлами повышает твердость и прочность материала до 2 %. Износостойкость композита значительно улучшается по сравнению с базовыми показателями. Наиболее распространенным импрегнатором для пропитки является сера.

Сера, как и многие из используемых импрегнантов экологически опасна. Поэтому важно сократить количество повторных пропиток из соображений безопасности и защиты окружающей среды, а также повышения производительности и улучшения качества КМ. Для этого два этапа пропитки объединяем в один процесс, в результате которого получаем бóльший эффект [5, 6].

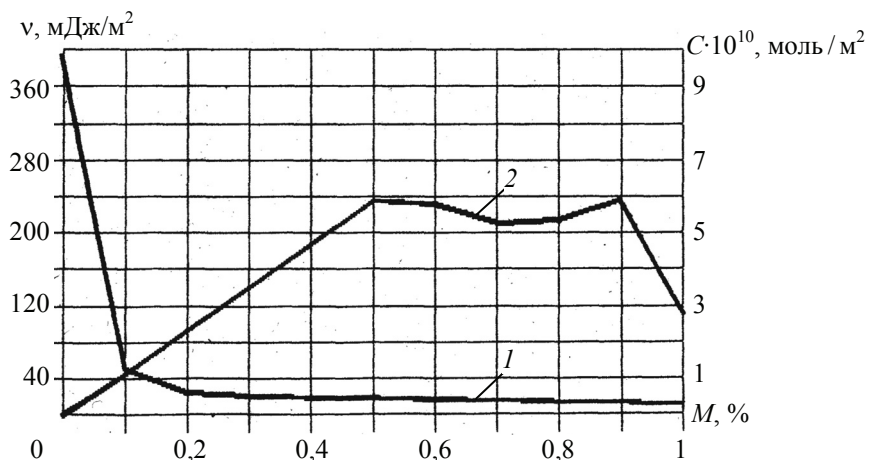


Рис. 2. Зависимость поверхностного натяжения ν и адсорбции C сплавов системы Рb–S от содержания легирующего элемента:
 1 – поверхностное натяжение сплава; 2 – адсорбция

Когда металлический сплав является элементом композиционного материала, он должен обладать совокупностью свойств, необходимых для создания самого композита, таких как хорошая жидкотекучесть (проникающая способность), адгезия по отношению к материалу каркаса и т.п.

В соответствии с вышеизложенным, разработаны сплавы на основе свинца под пропитку ими каркасов из углеграфита. При создании сплава на основе свинца с серой в качестве легирующего элемента, важна оптимизация параметров поверхностного натяжения и адсорбции. Из теоретического выбора поверхностно-активных легирующих элементов известно, что рациональным содержанием серы в сплаве является значение от 5 до 10 %. Оптимальным является сплав с мольной долей серы около 10 % (рис. 2), но на практике этого добиться очень сложно.

Учитывая все сложности использования серы, при создании матричного сплава совмещаем две технологии получения сплава на основе пропитки в один процесс. На первом этапе осуществляется нанесение диффузионного барьера на каркас через газовую фазу. На поры углеграфитового каркаса наносится небольшое количество приготовленной серы таким образом, что 65–72 % серы содержится в барьерном слое. На втором этапе фиксированным количеством серы легируется расплав свинца. При таком методе нанесения покрытия на каркас, жидкий сплав в контакте с поверхностью образца образует плотную пленку покрытия. В результате адгезии имеет место прилипание расплава к поверхности пор.

Выводы

1. Совмещение технологий делает процесс пропитки КМ сплавом Рb–S более эффективным и безопасным.
2. Безгазостатный метод пропитки улучшает качество КМ, все прочностные и эксплуатационные характеристики композитов в среднем повышаются на 1,5–2 %

3. Разработанные сплавы на основе свинца универсальны и подходят также для других способов пропитки, таких как компрессионное литье и автоклавное производство КМ.

Список литературы

1. Антифрикционные материалы на основе углерода // Проспект фирмы «Шунк» (Schunk Kohlenstofftechnik GmbH), Германия, 2006. – 22 с.
2. Получение высокочувствительных к ИК-излучению пленок PbS, осажденных из галогенидсодержащих растворов / В.Ф. Марков [и др.] // Перспективные материалы. – 2008. – № 3. – С. 28–31.
3. Матричный сплав для пропитки углеграфитового каркаса / В.А. Гулевский [и др.] // Проблемы материаловедения, сварки и прочности в машиностроении. – 2009. – № 11(59). – С. 81–84.
4. Применение давления для получения литых композиционных материалов методом пропитки / В.А. Гулевский // Заготов. пр-ва в машиностроении. – 2010. – № 6. – С. 3–8.
5. Задорский, В.М. Продвинутая технология пропитки капиллярно-пористых тел / В.М. Задорский // Импрегнация капиллярно-пористых тел : материалы IV Международной научно-инновационной молодежной конференции, г. Днепропетровск, 26–28 окт. 2005 г. / Украин. гос. хим.-технол. ун-т. – Днепропетровск, 2005. – С. 4–21.
6. Костилов, В.И. Сверхвысокотемпературные композиционные материалы / В.И. Костилов, А.Н. Варенков. – М. : Интермет Инжиниринг, 2003. – 560 с.

Development of Matrix Lead-Based Alloys

V.A. Gulevsky, E.A. Domenti

Volgograd State Technical University, Volgograd

Key words and phrases: carbon-graphite; impregnation; lead; matrix alloys; solvability; sulfur.

Abstract: The paper examines the matrix lead-based alloys to impregnate carbon graphite and the process of obtaining carbon graphite composite items.

© В.А. Гулевский, Е.А. Доменти, 2012